# دفاتر فلسفية

## نصوص مختارة

# 3

# المعرفة العلمية


إعداد وترجمة

عبد السلام بنعبد العالي ومحمد سبيلا



**دار توبقال للنشر**

عمارة معهد التسيير التطبيقي

ساحة محطة القطار - بلفدير - الدار البيضاء

الهاتف . 60.05.48

الفاكس . 40.40.38

# تمّ نشرُ هَذا الكِتاب ضمْنَ سِلسِلة
# دفاتر فلسفية

الطبعة الثانية 1996

**جميع الحقوق محفوظة**

**رقم الإيداع القانوني: 311 / 1992**

**سحب بمطبعة فضالة ـ المحمدية**

# فهـــــرس


تمهيد ........ 5

## 1 . الفكر العلمي: خصائصه وحدوده

1.1 . الابيستمولوجيا عند غاستون باشلار (ج . هيبوليت) ........ 7
2.1 . بين علم الأمس وعلم اليوم (غ . باشلار) ........ 8
3.1 . العقلنة العلمية (م .فيبر) ........ 10
4.1 . مميزات الطريقة العلمية (ب. رسل) ........ 11
5.1 . الواقع العلمي (ك . ماركس) ........ 15
6.1 . انتقاد النزعة الاختبارية (ل. التوسير) ........ 17
7.1 . العلم مناهض لبادئ الرأي (غ . باشلار) ........ 19
8.1 . التقدم العلمي سلسلة من الانفصالات (غ .باشلار) ........ 20
9.1 . معيار الفصل: قابلية التفنيد (ك . بوبر) ........ 21
10.1 . التعريف الاجرائي (ج . أولمو) ........ 22
11.1 . ما هي السمات التي تميز الصورة العلمية (إ .شرودنجر) ........ 23
12.1 . حدود الطريقة العلمية (ب. رسل) ........ 27
13.1 . العقل العلمي (ج . ت. دوسانتي) ........ 34

## 2 . ابيستيمولوجيا الرياضة

1.2 . رسالة في ما أشكل من مصادرات كتاب اقليدس (عمر الخيام) ........ 45
2.2 . الأوليات مواضعة واتفاق (هـ. بوانكاري) ........ 48
3.2 . الاستقراء الرياضي (هـ. بوانكاري) ........ 49
4.2 . عيوب النسق الاقليدي (ر. بلانشي) ........ 50
5.2 . مفهوم البديهية (ج. أولمو) ........ 51
6.2 . الرياضة والمنطق (ب. رسل) ........ 52
7.2 . الرياضة والمنطق (ب. رسل) ........ 54
8.2 . الرياضة والمنطق (ب. رسل) ........ 55
9.2 . من الكائن إلى البنية (ن . بورباكي) ........ 56
10.2 . الهيكل المعماري للصرح الرياضي (ن . بورباكي) ........ 57
11.2 . ليست الرياضيات من السماء ولا هي من الأرض (ج . ت. دوسانتي) ........ 63

# 3 . ابيستيمولوجيا الفيزياء


1.3 . في الشكوك على بطليموس (ج. بن الهيثم) ........ 65
2.3 . الواقع تجسيد للرياضيات (أ. كويري) ........ 66
3.3 . من العلة إلى القانون (إ. نيوتن) ........ 67
4.3 . المشاكل الأساسية في الفيزياء الذرية المعاصرة (ف. هايزنبرغ) ........ 68
5.3 . المسائل الأساسية في الفيزياء الحديثة (ف. هايزنبرغ) ........ 78
6.3 . الكم في الضوء (ب. هوفمان) ........ 86

# تَمْهِيد

لم تَنْمُ الفلسفة في استقلال عن العلوم. فقد كان للتحولات العلمية، على الدوام، صداها على الفلسفة حيث كانت، مناسبات لانتعاشها وميلادها من جديد، وإعادة النظر في أسسها وفحص مفهوماتها. فالعلم «يخلق فلسفة»، والفلسفة مضطرة لأن تكون مفتوحة تتلقى دروسها من العلم ولا تأتي إليه بأحكامها وإسقاطاتها، وإنما تحاول أن تتعقّب خطواته كي تكون وعيا بالعقلية العلمية.

هذا التعقّب هو ما يُشكّل صميم البحث الابيستيمولوجي الذي هو جزء لا يتجزأ من الفعالية الفلسفية.

إلا أن ذلك لا يعني إطلاقاً أن يحل المشتغل بالفلسفة محل العالم الرياضي أو الكيمائي أو الفيزيائي، فيعيد بناء المعرفة العلمية. وإنما يعني، أساسا، أن عليه أن يقف عند المنعطفات الكبرى التي عرفتها بعض المعارف العلمية، تلك المنعطفات التي كانت مناسبات لإعادة النظر في البداهات والمطلقات. ذلك أن البحث الابيستمولوجي هو، في نهاية الأمر، *محاولة نقدية لتقويض المفهومات الفلسفية التي تتحصن بالمعارف العلمية لتتشبث بالبقاء*. وهو، من أجل ذلك، وقوف عند تحولات العقل العلمي، وتفتح على العلم وما يُنْفَخُ فيه من روح جديد.

ولعل أهم سمة من سمات تلك الروح الجديدة هو إثبات طابع اللامباشرة والانفصال الذي أخذ يطبع العلم المعاصر، هذا العلم الذي غدا يضع الوضوح في التراكيب الابيستيمولوجية وليس في تأمل منعزل لموضوعات مركبة، والذي أصبح يؤمن بالوضوح الاجرائي محل الوضوح في ذاته، وبالموضوع المبني بدل الموضوع المعطى، والحدس ـ النتيجة بدل الحدس ـ البداية، ليُعلّمنا أن التفكير العلمي سلسلة من القطيعات والانفصالات، وأن التفكير، بصفة عامة، غزْو وفعالية ونقد وإعادة نظر.

# 1 . الفكر العلمي: خصائصه وحدوده

## 1.1 . الإبيسْتيمُولُوجْيَا عند غاستُون بَاشْلَار

ج . هيبُوليت

حتّى عهد هيوم ونيوتن وكنط كان علم الطبيعة مازال في إمكانه أن يظهر امتداداً للتجربة العادية. ولم يكن للأحكام المتولدة عن الإدراك الحسي أن تتميز عن تلك التي تتولد عن التجربة مثل التّميز الجذري الذي يوجد عليه الأمر اليوم.

لذا فإننا عندما نطرح على كنط، بفعل عملية تراجع تاريخي، السؤال عما إذا كانت شروط التجربة هي نفسها شروط إدراكنا للعالم وتصورنا العلمي للطبيعة، فإننا نضع عليه سؤالا لم يكن ليطرح عنده بالشكل نفسه الذي يطرح به عندنا. أما الاتجاه الوضعي فهو لم يثبت، هو كذلك، الانفصال بين العلم وبادئ الرأي. ولم يعمل قانون المراحل الثلاث إلا على تكريس نجاح علوم تعبر عن طريق لغة خاصة عن العلائق بين الظواهر المحسوسة. يرى الموقف الوضعي أننا ينبغي علينا أن نتخلى عن التفسيرات المسبقة التي تتجاوز التجربة والتي مكنت الانسانية، قبل ظهور العلم، من أن تتخذ مكانتها في العالم وتنتظم في التاريخ. وفي المرحلة الوضعية يظل التركيب ضروريا، بيد أنه يصبح متوقفا على إرادة الأفراد.

لم يكن هذا التذكير بالمفاهيم الأولية للنزعتين النقدية والوضعية دون جدوى لوضع ابيستيمولوجية غاستون باشلار موضعها وإظهار أصالتها. حقا أننا لا نزعم أن لا شيء ظهر بين هاته الفلسفات والابيستيمولوجية الباشلارية، كل ما في الأمر أنه لم يظهر أي موقف جذري حاسم. لقد حاولت الابيستيمولوجية أن تقف على أرجلها دون جدوى. وكانت تأخذ، في تأويلها للعلم، موقفا يتأرجح بين نزعة واقعية وأخرى وضعية، أو بين نزعة عقلانية وأخرى تجريبية كما كان الأمر عند الفلاسفة. وكان لابد من الازدهار المهول لعلوم الطبيعة في عصرنا، ومن عبقرية غاستون باشلار لتحديد دراسة لحياة العلوم والعمل على تحقيقها، ولاتخاذ هاته العلوم موضوعا للدراسة، والوقوف عليها وهي تقوم وتنتظم مؤسسة معقوليتها، مقيمة تاريخها الخاص، مبدعة

ظواهرها الخاصة في تلك المختبرات الصناعية التي تبتعد أشد البعد عن مكاتب الفيزياء التي كان يعرفها القرن الثامن عشر. لقد كانت هذه العلوم بالنسبة لغاستون باشلار هي *الظاهرة*. ونحن نشتم في مؤلفاته الأخيرة نغمة ، تكاد تكون حزينة، بل وعدوانية في بعض الأحيان، عندما يعبّر عن أسفه عن كون الفلاسفة لم يسايروه في إبراز هذه الظاهرة والكشف عن قناعها.

J. Hyppolite. **Figures de la pensée philosophique II**, P.U.F. pp 661 - 662

## 2.1 . بَيْن عِلم الأمْس وعِلم اليَوْم

غ . بَاشْلار

«لقد كان الاعتقاد السائد، إلى نهاية القرن الماضي، أن معرفتنا بالواقع معرفة موحدة، وأن التجربة هي التي تجعلها كذلك. وأكثر من هذا كله كان ذلك هو النتيجة التي تلتقي عندها أكثر الفلسفات تعارضا. وفعلا تكشف التجربة عن طابعها الموحد من ناحيتين: فالتجريبيون يرون أن التجربة موحدة ومنتظمة في جوهرها، لأن مصدر المعرفة عندهم هو الإحساس. أما المثاليون فيرون أن التجربة منتظمة وموحدة لأنها تستعصي على العقل، فلا يخترقها ولا ينفذ إليها. وهكذا فالكائن التجريبي يشكل، سواء في حالة قبوله أو حالة رفضه، كتلة مطلقة (= Bloc جسم لا يقبل الاختراق مثل السد). وعلى كل، فلقد كان العلم السائد في القرن الماضي، والذي كان يعتقد أنه قد ابتعد عن كل اهتمام فلسفي، يقدم نفسه كمعرفة موحدة منسجمة، كعلم بالعالم الخاص بنا، كمعرفة لها علاقة وطيدة بالتجربة اليومية، في نفس الوقت الذي ينظمها عقل كوني ثابت، وتتوافق مع مصلحتنا المشتركة وتنال تزكيتها. لقد كان العالم، حسب عبارة كونرا conrad «واحداً منا» يعيش في واقعنا، ويتداول أشياءنا، ويتعلم من الظواهر التي نعيشها، ويجد البداهة في وضوح حدوسنا. لقد كان ينمي استدلالاته ويعالج براهينه باتباع هندستنا وميكانيكانا، معرضا عن مناقشة مبادئ القياس، تاركا العالم الرياضي مع بديهياته ومسلماته. لقد كان يقوم بتعداد الأشياء المنفصلة، دون أن يكون في حاجة إلى افتراض أنواع أخرى من الأعداد غير تلك التي ألفناها وتعودنا استعمالها. كان هناك نوع واحد من الحساب مشترك بيننا وبينه. كان العلم والفلسفة يتحدثان معا نفس اللغة. أما تلامذتنا الفلاسفة فلقد كانوا يدرسون هذا العلم نفسه، العلم التجريبي الذي تنص عليه التعليمات والبرامج الوزارية. لقد كنا نقول للتلاميذ: عليكم بالميزان والقياس والعدد وتجنبوا المجردات والقواعد العامة. لقد كان الشعار السائد هو: عوّدوا الأذهان الشابة على الارتباط بالمشخص والاهتمام بالحوادث. أنظر كي تفهم! ذلك هو المثل الأعلى لهذه البيداغوجية الغريبة. ولايهم إذا انطلق الفكر، بعد ذلك، من الظاهرة التي أسيئت رؤيتها، أو

من التجربة التي أسيئ القيام بها. ولا يهم كذلك إذا انطلقت الرابطة الإبيستيمولوجية المصاغة بهذا الشكل، من الملاحظة المباشرة ومنطقها البدائي، لتجد تحقيقها دوما في التجربة العامية، بدلا من أن تنطلق تلك الرابطة من أبحاث مبرمجة عقلانيا لتصل إلى عزل الحادث العلمي وتعريفه تجريبيا، الحادث العلمي الذي هو دوما حادث مصنوع ودقيق وخفي.

ولكن هاهي الفيزياء المعاصرة تحمل إلينا أخبار عالم مجهول، أخباراً محررة بلغة «هيروغليفية» حسب تعبر الميسو والتر ريز، walterRıtz لغة نُحس عندما نحاول الكشف عن ألغازها، أن رموزها المجهولة لا تقبل الترجمة، بكيفية مرضية، إلى مستوى عاداتنا السيكولوجية، رموزا تستعصي بكيفية خاصة على الطريقة التي اعتدناها في التحليل والتي جعلتنا نتعود فصل الشيء عن نشاطه (= حركته) هل هناك في عالم الذرة المجهول اندماج وانصهار بين العقل والكائن، بين الموجة والجسيم؟ هل ينبغي الحديث عن مظاهر متكاملة أم عن أنواع من الواقع متكاملة؟ ألا يتعلق الأمر بتضافر أعمق بين الشيء والحركة، بطاقة معقدة يلتقي فيها ما هو موجود وما سيكون؟ وأخيرا فإذا كانت هذه الظواهر (= الذرية) الملتبسة المتداخلة لا تشير إلى الأشياء التي ألفناها، فإن التساؤل عما إذا كانت هذه الظواهر تشير فعلا إلى أشياء يطرح مشكلة ذات أهمية فلسفية بالغة؟ ومن هنا ذلك الاضطراب العام الذي أصاب المبادئ الواقعية المتعلقة بالنمو الخاص باللانهاية الصغرى. لقد أصبح الاسم الموصوف في هذه التراكيب الجديدة غير معرف بدقة، الشيء الذي يفقده مكانته الرئيسية. في الجملة لم يعد الشيء هو القادر على امدادنا بمعلومات كما ترتئي ذلك النزعة التجريبية. إن الشيء الميكروسكوبي لا يزيدنا معرفة عندما نعزله، فالجسيم المعزول يتحول إلى مركز إشعاعي لظاهرة أكبر. أما إذا نظر إليه من خلال دوره الفيزيائي، فإنه ينحل إلى وسيلة التحليل، أكثر من ظهوره كموضوع للمعرفة التجريبية. إنه حجة عقلية وليس عالما للاستكشاف. وسيكون مما لا طائل تحته السير بالتحليل إلى درجة يصبح معها الشيء الواحد معزولا من جميع الجهات، لأن هذا الشيء الوحيد يفقد بذلك، فيما يبدو، الخصائص التي تجعل منه جوهرا. إن الخصائص التي من هذا النوع لا توجد إلا فوق العالم الميكروسكوبي لا تحته. ان جوهر اللانهائي في الصغر متزامن مع العلاقة وملازم لها.

وإذن، فبما أن الواقع يصبح غير قابل للتفرد والتميز فيزيائيا كلما غصنا في أعماق فيزياء الأشياء اللانهائية الصغر، فإن العالم الباحث سيعطي أهمية أكبر لنظام العلاقات في تجاربه بمقدار ما يدقق هذه التجارب. وبما أن القياس الدقيق معقد دوما، فهو إذن تجربة منظمة على أساس العلاقات. وتلك هي الهزة الثانية التي أصابت الايبستيمولوجية المعاصرة، وعلينا أن نبرز أهميتها الفلسفية. وحسب ما يظهر :إن البناء الرياضي للفرضيات الميتافيزيقية يكذب النظرية التي تنسب إلى الفرضيات دورا مؤقتا عابرا. لقد كان ينظر إلى الفرضيات العلمية، في القرن التاسع عشر، كتنظيمات تخطيطيه وحتى بداغوجية، وكان يحلو للناس أن يكرروا القول بأنها

مجرد وسائل للتعبير. لقد كان الاعتقاد السائد هو أن العلم واقعي بموضوعاته، فرضي بالروابط التي تربط هذه الموضوعات. وكان الباحثون يتخلون عن الفرضيات بمجرد ما يعترضهم أدنى تناقض أو أدنى صعوبة تجريبية، فدور الفرضيات كان ينحصر في الربط بين الأشياء، وكانت الفرضيات نفسها مجرد مواضعات. ذلك ما كان يحصل وكأنه كانت هناك وسيلة أخرى لجعل مواضعة عملية ما تتصف بالموضوعية غير طابعها العقلي. أما اليوم فلقد قلب الفيزيائي الجديد رأسا على عقب، ذلك الأفق الذى رسمه للفرضية، ويصبر، المسيو فاينجر vaihinger. لقد أصبحت الموضوعات يعبر عنها بواسطة التشبيهات، أما الواقع فهو تنظيم تلك الموضوعات في علاقات. وبعبارة أخرى، إن ما هو فرضي الآن هو ما كنا نعتبره ظواهر، ذلك لأن الاتصال المباشر بالواقع أصبح مجرد معطى مبهم ومؤقت واصطلاحي. إن الاتصال بالظواهر يتطلب إحصاء وتصنيفا، وذلك على العكس من التفكير فهو وحده الذي يعطي معنى للظاهرة الأصلية، وذلك بالقيام بأبحاث مترابطة ترابط المجموعة العضوية، إنه يفتح آفاق عملية للتجارب. لم يعد في مستطاعنا منح ثقتنا، قبليا، للمعلومات التي يزعم المعطى المباشر أنه يمدنا بها. لم يعد هذا المعطى حكما ولا شاهدا، بل إنه أصبح متهما. ولابد من أن نتمكن آجلا أو عاجلا من إثبات أنه يكذب. ولذلك، فالمعرفة العلمية هي دوما اصلاح لوهم، وإذن لم يعد في امكاننا النظر إلي الوصف الذي نقوم به للعالم المباشر، مهما كان هذا الوصف دقيقا الا كفينومبنولوجيا للعمل، وذلك في نفس المعنى الذي كانت تستعمل فيه من قبل، عبارة «فرضية للعمل».

G. Bachelard, (Noumènes et microphysique) *in* Etudes sur l'évolution d'un problème de physique Vrin, 1970.

ترجمة م. ع. الجابري :موجودة في «المنهاج التجريبي وتطور الفكر العلمي. دار النشر المغربية، ص ص 359 - 362

## 3.1 . العَقْلَنَةُ العِلميّةُ

م. ڤيبر

يؤلف التقدّم العلمي جزءا يسيرا ـ إنّما الجزء الأهمّ ـ من عمليّة «التذهين» أو «التعقيل» (Intellektualisierung) التي نخضع لمسيرتها منذ آلاف السنين، والتي أصبحت اليوم على نحو شائع عرضة لمواقف سلبية للغاية تتخذ منها.

لنبدأ أولا بتوضيح الدلالة العملية التي ينطوي عليها هذا «التجديد» أو «التسهيل العقلاني intellectualistiche Rationaliserung» الذي أوجده العلم والتقنية المسترشدة بالاتجاهات العلمية. هل يعني ذلك أننا اليوم، مثلا ـ وهذا يصدق أيضا على كل شخص داخل هذه القاعة ـ

نملك معرفة أوسع بظروف الحياة التي نوجد في ظلّها، ممّا يملكه الهندي الأحمر في أمريكا أو أحد الأفراد المُنتمين إلى قبائل الهوتنتوت في جنوب افريقيا؟ هذا أمرٌ مُستبْعدٌ. فالواحد منّا حين يركب الحافلة الكهربائية ليست لديه أيّة فكرة، عن كيفية تحرّك العربة وتسييرها ما لم يكن عالما متخصّصا في الفيزياء، ولا حاجة به أن يعرف ذلك أيضا. بل يكفيه أنه يستطيع «الركون» إلى سلوك الحافلة الكهربائية فوق الشارع، ولذا فهو يوجّه سلوكه وفقا لهذا التوقّع. أما كيف يتم صنع الحافلة بحيث تتحرّك وتسير على ذلك النحو، فأمر لا يعرف عنه شيئا. والانسان البدائي أو المتوحش يملك معرفة بأدواته أوسع نسبيا. فعندما ننفق النقود اليوم، أراهن أن كلّ فرد منّا ـ وإن كانت هذه القاعة تضمّ بعض الزملاء من حقل الاقتصاد السياسي ـ سوف يقدّم إجابة مختلفة عن إجابة غيره تقريبا عن السؤال التالي: «كيف يحدث ذلك، أننا نستطيع شراء شيء لقاء النقود، وأننا تارة نحصل على مقدار أكثر وطوراً على مقدار أقلّ لقاء المبلغ النقدي إيّاه؟ إن الانسان البدائي يعرف ما ينبغي له عمله للحصول على قوته اليومي، ويعرف المؤسسات التي تعينه في هذا السعي. لذا فإن «التعقيل» و «التسهيل» المتزايد لا يدل على ازدياد في المعرفة العامّة بالأحوال والظروف التي يعيش الإنسان في ظلها.

بل هو يدلّ على شيء آخر؛ إنه يدلّ على المعرفة أو الاعتقاد بأن المرء، متى شاء ذلك، يستطيع في كلّ آن أن يتعلّم ذلك ويخبره. أيّ أنه لا توجد هناك، بشكل رئيسي، أيّة قوى خفية غير قابلة للحصر والضبط تلعب دورها في الأمر؛ بل بالأحرى يستطيع المرء، من حيث المبدأ، أن يبسط سيطرته على كل الأشياء ويتمكّن منها بواسطة التقدير الحسابي. وهذا معناه بالتالي: «فكّ السحر عن العالم» Die Entzauberung der welt. فلم يعد الأمر كما كان عند الإنسان البدائي الذي اعتقد بوجود القوى السحرية، ولا حاجة بنا إلى الاستعانة بوسائل السحر لكي نسيطر على الأرواح أو نتوسل إليها، كما فعل ذلك البدائي. فالأساليب التقنية والحسابات تؤدّي لنا هذه الخدمة. وهذا ما يعنيه «التعقيل» قبل كل شيء.

ماكس فيبر. صنعة العلم ـ تعريب د. أ. رزوق، الدار العلمية، 1972، ص ص 31 - 33

## 4.1 . مُميّزاتُ الطّريقَة العِلميّة

ب. رسل

إذا نحن تجاوزنا نطاق علم الطبيعة، وجدنا أن الدور الذي يلعبه القياس يصغر كثيرا، بينما يكبر كثيرا دور الملاحظة والقوانين التي تعتمد مباشرة على الملاحظة. فالطبيعة لبساطة مادتها قد بلغت مرحلة من النمو تسمو على ما بلغه أي علم آخر. وليس من شك في أن المثل

الأعلى يتحد بين جميع العلوم ولكن يُشك كثيرا في أن تستطيع المقدرة البشرية في يوم ما أن تجعل علم وظائف الأعضاء مثلا ميدانا للقياس كعلم الطبيعة النظري الآن. بل إن صعوبات القياس في الطبيعة البحتة ذاتها سائرة إلى الاستعصاء. فعلى أساس قانون نيوتن في الجاذبية كان يستحيل حساب كيفية تحرك أجسام ثلاثة تحت تأثير تجاذبها المتبادل، إلا أن يكون حسابا تقريبيا إذا كان أحد الأجسام أكبر بكثير من الجسمين الآخرين. وفي نظرية اينشتين وهي أكثر تعقدا من نظرية نيوتن بكثير، يستحيل أن تحسب بدقة نظريه - حتى - كيفية، تحرك جسمين تحت تأثير تجاذبهما المتبادل، وإن كان من الممكن الحصول على تقريب يفي بالأغراض العملية. ومن حسن حظ الطبيعة أنه توجد طرق للتقريب يستطاع بها حساب سلوك الأجسام الكبيرة على نحو قريب من الصحة.. فإن النظرية التامة في دقتها لم تزل أمرا فوق طاقة البشر تماما.

وإني أقرر - رغم ما يبدو في قولي هذا من تناقض - إن العلم الدقيق تسيطر عليه فكرة التقريب. فإن أخبرك أحد الناس أنه يعرف الحقيقة الدقيقة عن أي شيء، فثق بأنه رجل غير دقيق. ذلك بأن كل قياس معتنى به في العلم يُعطى دائما مع الخطأ المحتمل، وهو اصطلاح علمي يحمل معنى دقيقا؛ فهو يعني ذلك القدر من الخطأ الذي يستوي في احتمال أن يكون أكبر من الخطأ الحقيقي وأن يكون أقل منه. ومن مميزات تلك الأمور التي يُعرف فيها شيء بدقة غير عادية أن كل ملاحظ فيها يسلم باحتمال خطئه، ويعرف مدى الخطأ الذي يحتمل أن يقع فيه (1). أما في الأمور التي يكون الصواب، فيها أمرا لا يمكن تثبُّته، فلا يسلم أحد بأن هناك أدنى احتمال لأدنى خطأ في آرائه. فمن ذا الذي سمع رجلا من رجال الدين أو السياسة يبدأ خطابه أو يختمه بإشارة عن الخطأ المحتمل في آرائه؟ ومن عجيب الأمر أن التأكد الذاتي يتناسب تناسبا عكسيا مع التأكد الموضوعي. فكلما قلّ ما يبرر صواب رأي المرء، زادت حماسته في توكيد عدم وجود ظل من الشك في أنه على الحق البين. ولقد درج رجال الدين على الهزء بالعلم لأنه يتغير ويقولون (انظر إلينا إن ما قررناه في مجمع نيقية لم نزل نقرره؛ بينما ما قرره العلماء منذ عامين أو ثلاثة أعوام

(1) تدل الفقرات التالية المقتطفة من مجلة Nature (٧ فبراير سنة ١٩٣١) على التحفظ الذي يبديه رجال العلم حيثما يمكن إجراء قياسات دقيقة؛

مدة دوران الكوكب أورانوس - يعزى إلى الأستاذ لويل وسليفر من مرصد فلاجستاف (١٩١١) وإلى المستر كامبل (سنة ١٨١٧) إجراء أفضل تقديرين لمدة دورة الكوكب المذكور. وقد أجرى التقدير الأول بالطريقة الطيفية بينما أجرى الثاني بطريقة التغير الضوئي وكانت النتيجتان متطابقتين تقريبا فكانت الأولى ٥٠ دقيقة و ١٠ ساعة والثانية ٤٩ دقيقة و ١٠ ساعة على الترتيب. إلا أنه اعتبر أن ثمة مجالا لمتابعة البحث لأن الخطأ المحتمل في القياس الطيفي كان (١٧) دقيقة، بينما التغييرات الضوئية لم يؤكدها عدد من الراصدين الآخرين. ويحتمل على أية حال أنها تكون قد حدثت بسبب معالم وقتية غير دائمة. ويحتوي عدد شهر ديسمبر من مجلة (Publication of the Astronomical Society, Pacific) على تقرير لتقدير طيفي جديد أجراه مور ومنزل استخدما فيه قوة تفريق طيفية أكبر مما استخدمه لويل وسليفر. وكان خط استواء أورانوس متوسطا في صورة فرصة أكثر من قبل وخلص إلى تقدير الدورة بمقدار ٥٠ دقيقة و ١٠ ساعة مع خطأ محتمل قدره (١٠) دقائق. إلا أنه على الرغم من التطابق القريب بين هذه النتيجة والنتائج السابقة فإنهما لا يعتبران أن مدة الدورة قد حددت بالتأكيد مع خطأ يبلغ بضع دقائق.

فقط قد جرّ عليه ذيل النسيان، ولم يعد ينتمي إلى علم اليوم) إن الذين يتحدثون على هذا النحو لم يفقهوا حكمة التقريبات المتتابعة. فلا يوجد إنسان علمي في روحه يؤكد أن ما يعتقد الآن في العلم هو الحق تماما، بل هو يؤكد أنه مرحلة في الطريق إلى الحق التام فحين يحدث تغيير في العلم مثل التحول عن قوانين نيوتن في الجاذبية إلى قوانين اينشتين، لا يُلقى بما تمّ عمله، بل يُوضع مكانه شيء أدق منه قليلا. فأنك إن قست نفسك بجهاز تقريبي، فعرفت أن طولك ست أقدام، لم تفترض أن كنت حكيما أن طولك ست أقدام بالضبط، بل تفترض أن طولك يتراوح (مثلا) بين خمس أقدام و (11) بوصه، وبين ست أقدام وبوصه واحده؛ وإذا قيس طولك بعناية فظهر أنه يبلغ (في حدود ربع بوصه) 5 أقدام و 9/10 11 بوصه، فلا تظن أن هذا قد ألقى بالنتيجة السابقة عرض الحائط. فالنتيجة السابقة كانت تقول إن طولك يبلغ نحو ست أقدام، وقد ظل هذا صحيحا. وأمر التغيرات في العلم يشبه ذلك تمام الشبه.

ان الدور الذي تلعبه الأقيسة والكم في العلم دور كبير جدا، ولكني أظن أنه يبالغ في تقديره أحيانا. أن الأسلوب الرياضي أسلوب قوى، ورجال العلم يتلهفون بطبيعة الحال على امكان تطبيقه أينما وجدوا إلى ذلك سبيلا؛ ولكن القانون يمكن أن يكون تام العلميّة، دون أن يكون كمّيا. ومن أمثلة ذلك قوانين بافلوف الخاصة بالأفعال المنعكسة الشرطية. ويغلب على الظن أنه لن يمكن إعطاء الدقة الكمية لهذه القوانين؛ فإن مرات التكرار اللازمة لاحداث الأفعال المنعكسة الشرطية تعتمد على شروط كثيرة، وتختلف لا باختلاف الحيوانات فقط، بل تختلف مع الحيوان الواحد في أوقات مختلفة. وللوصول إلى الدقة الكمية ينبغي أن ندرس أولا فسيولوجيا الغشاء المخي والطبيعة المادية لتيارات الأعصاب. وسنجد أنفسنا عاجزين عن أن نقف دون دراسة طبيعة الالكترونات والبروتونات. وقد تكون الدقة الكمية ممكنة، ولكن الرجوع بالقياس الحسابي من الطبيعة البحتة إلى مظاهر سلوك الحيوان أمر فوق طاقة الإنسان، في الوقت الحاضر على الأقل وربما لعدة أجيال قادمة. لذلك فنحن ملزمون في بحث سلوك الحيوان، وما إليه من موضوعات، أن نقنع مؤقتا بالقوانين الكيفية، التي لا يغض من علميتها أنها غير كميه.

والدقة الكمية ـ حيث تستطاع ـ تمتاز بأنها تزيد من قوة الأدلة الاستقرائية. فلو أنك مثلا قد استحدثت فرضا تقدر بمقتضاه كمية يمكن ملاحظتها بخمسة أرقام معنوية ثم وجدت بالملاحظة بعد ذلك أن الكمية المذكورة لها هذا المقدار، لشعرت أن هذا التوافق بين النظرية والملاحظة لا يكاد يمكن أنه قد جاء عرضا؛ وأن نظريتك لابد مشتملة على عنصر هام من عناصر الحقيقة على الأقل. وقد دلت التجارب مع ذلك على أنه تسهل المبالغة في أهمية مثل هذا التوافق، فنظرية بوهر Bohr في الذرة قد أثبتت في الأصل بفضل قوة بارعة في الحساب النظري لبعض الكميات التي ظلت حتى ذلك الحين لا تُدرك إلا بالملاحظة. ومع ذلك فإن نظرية بوهر، وإن كانت مرحلة ضرورية من مراحل التقدم فقد هُجرت تقريبا. والحق أن الناس لا يستطيعون وضع

الفروض المجردة تجريدا كافيا في إطار. فالخيال لا يني عن اقتحام الطريق على المنطق مخيّلا صورا عاجزة في جوهرها عن أن ترى رأى العين، فقد كان في نظرية بوهر عن الذرة مثلا عنصر مجرد غاية التجريد. وكان صحيحا على أرجح الاحتمالات، ولكن هذا العنصر المجرد قد طُمر في تفصيلات خيالية ليس لها تبرير استقرائي. وأن العالم الذي نستطيع تصويره لهو العالم الذي نراه، وأما عالم الطبيعة فهو عالم مجرد لا تمكن رؤيته. ولذلك فإن نفس الفرض الذي يفسر بدقة تامة كل ما يتصل به من حقائق لا يصح اعتباره الحق الذي لا ريب فيه، فقد يحتمل أن جانبا من الفرض مجرد غاية التجريد هو ما يلزم منطقيا في تطبيقنا لهذا الفرض على الظواهر المشاهدة عن طريق القياس (المنطقي).

إن كل القوانين العلمية تقوم على الاستقراء. ولو نظرنا إلى الاستقراء من حيث هو عملية منطقية، لوجدناه عرضة للشك، وعاجزا عن إعطاء نتائج يقينية. فالاستدلال الاستقرائي يجرى تقريبا على النحو التالي: إذا كان فرض من الفروض صحيحا، فإن هذه الحقيقة وتلك ستكون إذن مشاهده. أما وهذه الحقائق مشاهدة، فالفرض إذن صحيح على الأرجح. ومثل هذه الاستدلالات تختلف درجتها من الصحة باختلاف الظروف. ولو أمكننا إثبات عدم وجود فرض آخر يصدق على الحقائق المشاهدة، لأمكننا الوصول إلى شيء يقيني، ولكن هذا الإثبات يكاد يكون غير مستطاع. ولن تكون هناك على العموم طريقة للتفكير في كل الفروض المحتملة، ولو قد كانت، لوجد أن أكثر من فرض واحد منها يصدق على الحقائق وعندما يكون الأمر كذلك فإن العالم يستخدم أبسط الفروض فرضا علميا، ولا يرجع إلى الفروض الأكثر تعقدا إلا إذا ظهرت حقائق جديدة تدل على عدم كفاية أبسط الفروض. فلو أنك لم تر مطلقا قطة بلا ذنب، فإن أبسط فرض تنشئه في هذا الصدد هو «لكل القطط أذناب». ولكنك لا تكاد ترى قطط منكس (Manx)، وهو ضرب من القطط ليس له أذناب، حتى تضطر إلى افتراض فرض أكثر تعقدا. والمرء الذي يقول إنه ما دامت كل القطط التي رآها لها أذناب، إذن فلكل القطط أذناب، إنما يستخدم ما يسمى «بالاستقراء على أساس التعداد البسيط» وهو نوع من الاستدلال بالغ الخطر. ويرتكز الاستقراء في مراتبه التي تفضل هذه المرتبة على أن فرضا يؤدي إلى نتائج تثبت صحتها، ولكنها كانت تبدو بعيدة أقصى البعد من الاحتمال لو أنها لم تلاحظ. فلو رأيت رجلا يلعب النرد، فجاء رقم الزهرتين دائما ستتين، فمن الجائز أنه حسن الحظ، ولكن هناك فرضا آخر قد يجعل الحقائق المشاهدة أقل إثارة للعجب. لذلك فمن الخير أن تستخدم الفرض الآخر: ففي كل استقراء حسن يفسر الفرض حقائق كانت بعيدة الاحتمال من قبل، وكلما زادت بعدا عن الاحتمال رجح احتمال صحة الفرض الذي يفسرها. وهذا كما ذكرنا منذ لحظة مزية من مزايا قياس الكمّ. فإذا كان شيء من الأشياء لا تدري حجمه، قد ثبت أن له نفس الحجم الذي أدى بك فرضك إلى أن تتوقع، شعرت بأن فرضك لابد فيه شيء من الصحة وهذا واضح من حيث هو قول معقول بداهة،

وأما من حيث هو منطق فدونه صعاب سنتناولها فيما بعد .

بقيت سمة واحدة من سمات الطريقة العلمية يجب أن نلم بها ، وهي التحليل . فمن المسلم به بين رجال العلم كفرض عملي على الأقل، أن أي حدث مادي هو معلول لعدد من العلل. ولو عمل كل من العلل منفردا لأحدث معلولا يختلف عن ذاك الذي حدث فعلا؛ وإن المعلول يمكن حسابه إذا عرفت آثار العلل منفصلة. ونرى أبسط الأمثلة على ذلك في الميكانيكا . فالقمر تجذبه الأرض والشمس جميعا . ولو كانت الأرض وحدها هي ما يجذبه لكان للقمر فلك معين. ولو كانت الشمس وحدها هي ما يجذبه لكان له فلك آخر معين وأما فلكه الحقيقي فإنما يمكن حسابه إذا عرفنا الأثر الذي كانت تحدثه الأرض والشمس لو عمل كل منها على انفراد . وإذا عرفنا كيف تسقط الأجسام في الفراغ، وعرفنا كذلك قانون مقاومة الهواء، استطعنا أن نحسب كيفية سقوط الأجسام في الهواء فنظرية إمكان فصل القوانين العلية على هذا النحو، وإعادة ضم بعضها إلى بعض، نظرية أساسية إلى حد ما في إجراءات العلم. لأنه من المستحيل أن تحسب كل شيء دفعة واحدة، ولا أن تصل إلى قوانين كليه إلا إذا استطعت عزلها واحدا واحدا . ولكن يجب القول مع ذلك بأنه لا مبرر، بالمنطق الخالص، للتسليم بأن معلول علّتين تعملان في وقت واحد ، يمكن حسابه من المعلول الذي لكل منهما على انفراد(2) ؛ وقد ثبت في أحدث مكتشفات علم الطبيعة أن مقدار الصحة في هذا المبدأ أقل مما كان يعتقد قبلا . وقد ظل مبدأ عمليا وتقريبيا في الظروف الملائمة، ولكن لا يمكن اعتباره مبدأ عاما من مبادئ الكون . ولاريب أن العلم يكون بالغ المشقة حيث يفشل هذا . ولكنه ـ بقدر ما نرى الآن ـ مبدأ لم يزل به قدر من الصحة يبرر استخدامه كفرض، إلا في الحسابات البالغة التقدم والدقة.

ب. رسل النظرة العلمية . تعريب عثمان نويه، مكتبة لانجلو المصرية، 1956، ص ص 52 - 59 .

## 5 . 1 . الــوَاقــعُ العِلْميّ

ك . مَاركْس

يبدو أن المنهج السليم يقتضي أن ننطلق من الواقع العيني الذي يشكل الشرط الفعلي اللازم، كأن ننطلق في الاقتصاد السياسي مثلا، من السكان الذين تقوم على أساسهم عملية الانتاج المجتمعي بكاملها والذين يشكلون الذوات الفاعلة في تلك العملية. غير أننا، ان تمعنا في الأمر فإننا سرعان ما نتبين خطأ هذا المنطلق. ذلك أن السكان لا يشكلون إلا فكرة مجردة إذا ما

(2) أنظر مثلا Diracy The Principales of Ivantum Mechanics ص ١٣٠.

اغفلنا الطبقات التي يتألفون منها مثلا. وهاته الطبقات تظل بدورها لفظا فارغا إذا ما تجاهلنا العناصر التي تقوم عليها كالعمل المأجور والرأسمال وما إلى ذلك. وهاته الأمور تفترض بدورها التبادل وتقسيم العمل والأسعار. فالرأسمال مثلا، لا معنى له بدون العمل المأجور وبدون القيمة والنقد والسعر وما إلى ذلك. وبناء على هذا، فإن نحن انطلقنا من السكان، فسيتكون لدينا مفهوم ضبابي عشوائي عن الكل، اما ان نحن اعتمدنا تحديدا أكثر دقة فإننا نخلص، عن طريق التحليل إلى مفاهيم تزداد بساطتها شيئا فشيئا، وهكذا ننتقل من الواقع المجازي إلى تجريدات تزداد حصرا ودقة، إلى أن نبلغ أكثر التحديدات بساطة. وعلينا أن نتراجع القهقرى انطلاقا من هاته التحديدات حتى نصل من جديد إلى السكان. إلا أن هؤلاء لن يكونوا حينئذ تمثلا ضبابيا عشوائيا عن مجموع، بل إنهم سيكونون كلا غنيا بالتحديدات والعلاقات المتعددة. (...). ومن الجلي أن هذا المنهج الأخير هو المنهج العلمي السليم. إن الواقع العيني يكون عينيا لأنه يكون تركيبا لتحديدات متعددة، أي أنه يمثل وحدة تجمع بين عناصر مختلفة. ولذلك فهو يظهر في الفكر كعملية تركيب، وكنتيجة، لا كنقطة انطلاق. هذا بالرغم من كونه نقطة الانطلاق الحقيقية، وكونه، بالتالي، نقطة انطلاق الرؤية المباشرة والتمثل. فالطريقة الأولى (التي تنطلق من السكان) ترجع التمثل الغني إلى تحديد مجرد، *بينما تؤدي التحديدات المجردة في الطريقة الثانية إلى إعادة انتاج الواقع العيني عن طريق الفكر*. لذا وقع هيجل ضحية الوهم، فاعتبر الواقع نتاجا للفكر وهو يتضمن ذاته ويتغلغل فيها فيتحرك من تلقاء ذاته. هذا في حين أن المنهج الذي يسمح بالارتقاء من المجرد إلى المشخص ليس إلا الكيفية التي يتملك بها الفكر الواقع العيني ويعيد انتاجه في صيغة واقع فكري. وليست هذه بأي حال من الأحوال، هي العملية التي يتكون حسبها الواقع ذاته (...). فبالنسبة للوعي، (والوعي الفلسفي قد تكوّن على النحو الذي يعتبر فيه أن الفكر عن طريق تصوراته هو الذي يشكل الإنسان الواقعي، وبالتالي فإن العالم لا يبدو له واقعيا إلا إذا خضع للتصور العقلي)، بالنسبة للوعي إذن، فإن حركة المقولات تبدو كما لو كانت حركة عملية الانتاج (الذي لا يتلقى من الخارج إلا مجرد تحريض بسيط، وحتى هذا أمر يؤسف له) الحقيقية الفعلية التي يتولد عنها العالم. وان هذا الأمر صحيح بمقدار ما يكون الكل الواقعي، بما هو كل نتج عن الفكر والتصور العقلي وبما هو تمثل ذهني عن الواقع، بمقدار ما يكون نتاجا للفكر والتصور العقلي (وليس هذا إلا تحصيل حاصل) وعلى العكس من ذلك فهو لا يكون أبدا انتاجا للمفهوم الذي يتولد عن ذاته والذي يفكر خارج الرؤية المباشرة والتمثل. ان الكل كما يظهر في الفكر، بوصفه كلا حوله الفكر، هو نتاج للدماغ المفكر الذي يتملك العالم بالكيفية الوحيدة التي يستطيع عن طريقها أن يقوم بذلك التملك، أي بكيفية تختلف عن تملك العالم عن طريق الفن والدين والعقل العملي. غير أن الموضوع الواقعي، سواء قبل عملية المعرفة أو بعدها، يظل قائما في استقلاله خارج الفكر. وهذا مادام الفكر يحصر نفسه في التأمل والنظر الخالصين.

K. Marx, **contribution à la critique de l'économie politique**
E.S, 1957, Paris, pp 164 - 166

## 6.1 . انتِقَادُ النّزعَة الاخْتبَاريّة

ل . التوسير

يعرض علينا المفهوم الاختباري عن المعرفة عملية تتم بين موضوع معطى وذات معطاة. وهو لا يعير كبير اهتمام لوضعية تلك الذات (فيما كانت سيكلوجية أو تاريخية أم لا) ولا لذلك الموضوع (فيما إذا كان منفصلا أو متصلا، متحركا أو ساكنا). (...). إن تلك الذات وذلك الموضوع المعطيين، والسابقين بالتالي على عملية المعرفة، يحددان مسبقا مجالا نظريا أساسيا ولكنه لا يمكن أن ينعت في هاته الحالة بالاختباري. إن ما يجعله كذلك هو طبيعة سير عملية المعرفة ذاتها. وبعبارة أخرى، فإن ما يضفي عليه طابع الاختبارية هو نوع العلاقة التي تحدد المعرفة، بما هي كذلك، تحددها بدلالة الموضوع الواقعي الذي تكون هي معرفة عنه.

إن عملية المعرفة بكاملها تتمثل، في نظر النزعة الاختيارية، في عملية التجريد التي تقوم بها الذات العارفة. وحينئذ تكون المعرفة عبارة عن تجريد الماهية عن الموضوع الواقعي، تلك الماهية التي يكون تملك الذات لها معرفة [...].

لنول الآن اهتمامنا لبنية المعرفة الاختبارية من وجهة نظر انتقادية. فباستطاعتنا أن نحدد تلك البنية على أنها مفهوم يعتبر معرفة الموضوع الواقعي جزءا واقعيا من ذلك الموضوع الذي تكون علينا معرفته. وحتى إن قيل عن هذا الجزء إنه جوهري وباطني وخفي، وبالتالي لا يرى للوهلة الأولى، فيتبقى أن ذلك الجزء يعد، حتى في خصائصه، جزءا واقعيا يشكل حقيقة الموضوع الواقعي في تركيبه مع جزئه غير الجوهري. (...) هاهنا تكون المعرفة حاضرة حضورا واقعيا في الموضوع الواقعي الذي تبغي معرفته في صورة تنظيم لهذين الجزأين الواقعيين. وعندما أقول إن المعرفة تكون بكاملها ما ثلة مثولا واقعيا لا أقصد موضوعها فحسب، أي ذلك الجزء الواقعي الذي تطلق عليه ماهية، بل إنني أعني كذلك عملية المعرفة التي هي التمييز بين جزأي الموضوع الواقعي ووضعهما الذي يتمتع بوجود واقعي. هذان الجزءان يمثل أحدهما (وهو الجزء غير الجوهري) الجزء الخارجي الذي يغلف الآخر (أي الماهية أو الجزء الباطني) ويخفيه.

هذا الاستثمار للمعرفة، من حيث هي جزء واقعي لموضوع واقعي، في البنية الواقعية للموضوع الواقعي: ذلك هو ما يؤلف الاشكالية الخاصة التي تميز المفهوم الاختباري للمعرفة. (...)

يرفض ماركس الخلط الهيجلي الذي يوحد بين الموضوع الواقعي وموضوع المعرفة، بين عملية سير الواقع وعملية سير المعرفة، فهو يقول: «لقد وقع هيجل ضحية الوهم فاعتبر الواقع نتاجا للفكر وهو يتضمن ذاته ويتغلغل فيها فيتحرك من تلقاء ذاته، هذا في حين أن المنهج الذي يسمح بالارتقاء من المجرد إلى العيني ليس إلا الكيفية التي يتملك بها الفكرُ الواقعَ العيني ويعيد

إنتاجه في صيغة واقع فكري» (المساهمة في نقد الاقتصاد السياسي. المنشورات الاجتماعية ص 165 أنظر النص السابق صحبته). وهذا الخلط الذي يعطيه هيجل شكل تصور مثالي عن التاريخ، ليس إلا نوعا من أنواع الخلط التي تميز الاشكالية الاختبارية. وخلافا لهذا المفهوم يذهب ماركس إلى التمييز بين الموضوع الواقعي (الواقع العيني، الكل الواقعي الذي "يظل قائما في استقلاله خارج الفكر سواء قبل المعرفة أو بعدها") وبين انتاج المعرفة، وموضوع المعرفة، (الذي هو إنتاج للفكر ككل انتجه الفكر) وأعني موضوعا للفكر يتميز تمييزا مطلقا عن الموضوع الواقعي للواقع العيني الذي يزودنا الواقع ـ الفكري بمعرفة عنه. ويذهب ماركس أبعد من ذلك فيبين أن هذا التمييز لا يخص هذين الموضوعين فحسب، بل يمتد إلى عملية انتاجهما ذاتها. فبينما تتم عملية انتاج الموضوع الواقعي أو الكل الواقعي (لامة تاريخية على سبيل المثال) بكاملها في الواقع، وتحدث وفق نظام واقعي لنشأة واقعية (وهو نظام تتابع لحظات النشأة التاريخية)، فإن عملية انتاج موضوع المعرفة تتم بكاملها وتحدث وفق نظام آخر، حيث لا تحتل المقولات الفكرية التي " تعيد انتاج" المقولات" الواقعية" نفس المكان الذي تحتله في نظام النشأة التاريخية الفعلية. بل إنها تحتل أمكنة مغايرة، أمكنة تتعين حسب الدور الذي تقوم به في عملية إنتاج موضوع المعرفة.

ولنعر الآن هاته القضايا قليلا من الانتباه:

عندما يقول ماركس إن عملية إنتاج المعرفة، وبالتالي عملية إنتاج موضوعها الذي يتميز عن الموضوع الواقعي الذي تبغي تملكه في "صورة " معرفة ـ عندما يقول لنا بأن عملية الإنتاج تلك تتم بكاملها في المعرفة، وفي "الدماغ" أو في الفكر، فإنه لا يقع البتة ضحية نظرية مثالية عن الوعي أو الفكر. ذلك أن "الفكر" المقصود هنا ليس ملكة لذات ترنسند نتالية أو لوعي مطلق، ذات يواجهها العالم الواقعي كما لو كان مادة المعرفة. كما أن ذلك الفكر ليس عبارة عن ملكة لذات سيكلوجية بالرغم من أن صانعيه هم أفراد بشر. ان الفكر الذي يعنيه ماركس هو منظومة الجهاز الفكري الذي تكون عبر التاريخ والذي يستمد أسسه وروابطه من الواقع الطبيعي والاجتماعي. ان ذلك الفكر يتحدد بنظام الشروط الواقعية التي تجعل منه نمطا محددا لإنتاج المعارف إذا سمح لنا باستعمال هاته العبارة. فهذا الفكر، من حيث هو كذلك، يتكون حسب بنية تركب نوع الموضوع (المادة الخام) الذي تعمل فيه مع وسائل الإنتاج النظري التي تكون في حوزتها (نظريتها ومنهجها وتقنيتها التجريبية أو غيرها) والعلاقات التاريخية (النظرية والإيديولوجية والاجتماعية) التي تتم في حضنها عملية الانتاج. ان هذا النظام المحدد لشروط الممارسة النظرية هو الذي يحدد لهاته الذات المفكرة أو تلك مكانتها ودورها في انتاج المعارف(...)

مهما تراجعنا القهقرى في ماضي فرع من فروع المعرفة، فإننا لا نجد أنفسنا قط أمام حدس حسي أو تمثل "خالص"، بل نكون أمام مادة أولى شديدة التعقيد وأمام بنية من الحدوس

و"التمثلات" تربط رباطا خاصا بين "عناصر" حسية وعناصر تقنية وأخرى إيديولوجية؛ وهكذا فلا تكون المعرفة قط كما تريدها النزعة الاختبارية أمام موضوع خالص ينطبق مع الموضوع الواقعي، ذلك الموضوع الذي تهدف المعرفة إلى انتاج معرفته. وحينئذ فعندما تنفعل المعرفة في "موضوعها"، فهي لا تنفعل في موضوع واقعي، بل في مادتها الخام، تلك المادة التي تشكل موضوعها (المعرفي) الذي يكون منذ أكثر اشكال المعرفة بساطة تمييزا عن الموضوع الواقعي - مادامت المادة الخام تكون دوما مادة أولى بالمعنى الذي يعطيه ماركس لهذه العبارة في كتاب الرأسمال، وأقصد مادة قد تم تحويلها وصنعها وذلك بما تفرضه البنية المعقدة (الحسية التقنية الإيديولوجية) التي تشكلها كموضوع معرفة أي كموضوع ستخضعه لعملية تحويل وستغير إشكالية خلال عملية نموها، كي تنتج معارف تتحول بدون انقطاع، ولكنها لن تنفك قط عن أن تنصب على موضوعها أي موضوعها المعرفي.

Louis Althusser, Lire le Capital, T. 1, F.M. 1971, pp 39 - 50.

## 7.1 . العِلمُ مُنَاهِضٌ لبَادِئِ الرَّأي
### بَاشْلار

يختلف العلم، سواء في سعيه نحو غايته أو في مبدئه عن بادئ الرأي اختلافا مطلقا. وإذا ما حصل وسانده في نقطة بعينها، فلأسباب وأسس غير التي يقوم عليها بادئ الرأي ذاته بحيث إن بادئ الرأي يكون مبدئيا دوما على خطأ. إنه يفكر تفكيرا سيئا، أو لنقل بالأحرى إنه لا يفكر وإنما يترجم حاجيات وينقلها إلى معارف. وهو حينما يعين الأشياء بما تحققه من منفعة يحرم نفسه من معرفتها. لا يمكننا أن نقيم على بادئ الرأي أي بناء، وإنما ينبغي أن نهدمه في البداية. إنه العائق الذي ينبغي تخطيه ولا يكفي على سبيل المثال تقويمه في أحد جوانبه مع الاحتفاظ به كمعرفة مؤقتة على غرار الأخلاق المؤقتة عند ديكارت. إن الفكر العلمي يمنعنا أن نكوّن آراء تبدو لنا حول قضايا لا نفهمها، ومسائل لم نصغها صياغة واضحة. ينبغي أولا وقبل كل شيء معرفة طرح المسائل، ومهما قيل فإن المسائل في الحياة العلمية لا تطرح نفسها. وهذا الحس بالضبط، حس طرح المسائل والشعور بها، هو الذي يشكل الصفة الأساسية للفكر العلمي الصحيح. فعند هذا الفكر تكون كل معرفة جوابا عن سؤال، ولولا السؤال لما كانت هناك معرفة علمية. فلا شيء يسير من تلقاء ذاته ولا شيء يعطى وكل شيئ يبنى ويشيد.

**G. Bachelard, la formation de l'esprit scientifique , Vrin 1967, p.14**

## 8.1 . التّقدُّمُ العِلميُّ سِلسِلَةٌ منَ الانفِصَالاَت
### غ . بَاشْلار

لكي نطرح مسألة تقدم العلم في أفقها الفلسفي، علينا أن نفحص عن قرب بعض الاعتراضات التي يقدمها المدافعون عن الاتصال الثقافي (...)

من أقرب اعتراضاتهم إلى الأمور الطبيعية استنادهم إلى القول بالاتصال التاريخي. فمادمنا نسرد حكاية متصلة للحوادث ، يكون من السهل علينا أن نعيش الأحداث في استمرارها الزمني فنزود كل تاريخ بوحدة الكتاب و استمراريته واتصاله.

يحلو لأصحاب الاتصال فحص الأصول والوقوف عند العلم في بداياته وبواكره. لقد كان التقدم العلمي بطيئ الخطى، شديد البطء . وكلما ازداد بُطؤُه وقلت سرعته، بدا متصلا مسترسلا. وبما أن العلم ينفصل ببطء عن المعارف العادية وينفلت من صلبها، يسهل الاعتقاد باتصال المعرفة العادية بالمعرفة العلمية. ومجمل القول فإن أصحاب فكرة الاتصال ينطلقون من السلسلة الآتية: مادامت البدايات بطيئة، فإن النمو متصل. ولا يذهب الفلاسفة أبعد من ذلك. فهم لا يرون جدوى في أن نحيا الأزمنة المتجددة، تلك الأزمنة التي يتصدع فيها النمو العلمي وينفجر من جميع جوانبه فـ «يُفجّر» بالضرورة الابيستيمولوجيا التقليدية. (...)

هناك كيفية أخرى لإلغاء الانفصال وابعاده عن نمو العلوم وذلك بإرجاء ذلك النمو إلى خدام مجهولي الإسم. يحلو لأصحاب الاتصال الذهاب إلى القول بأن التقدم كان لا يبدو في الأفق» عندما كشف عنه العبقري. حينئذ تدخل مفاهيم «الأجواء» و «الآفاق» و «التأثيرات» في عين الاعتبار. وكلما ابتعد المرء عن الوقائع، إلا واستند إلى مفاهيم «التأثيرات» . وهكذا يرجع إليها لفهم أكثر الأصول اغراقا في الزمن. ويجعلها أصحاب الاتصال تخترق القارات والقرون. بيد أن مفهوم التأثير، ذلك المفهوم الذي يحلو للفكر الفلسفي أن يرجع إليه، لا معنى له عندما يتعلق الأمر بنقل الحقائق، والاكتشافات في العلوم المعاصرة. صحيح أن خدام العلم والعاملين في حضنه قد أصبحوا يشكلون مجموعات ويتعاونون فيما بينهم وهم قد أخذوا يشكلون الآن فرقا ومدارس. بيد أن عبقرية مخبر من المخابر تتولد في الوقت ذاته عن النقد والتجديد . وإن النقد الذاتي الذي يمارسه العاملون في المخابر يتنافى مع كل ما يمتّ بصلة إلى «التأثيرات» . (...) وإن وصف الفكر العلمي كما لو كان فكرا توجهه حقيقة دوجمائية لا جدال حولها، هو وصف لصورة مشوهة أكل عليها الدهر وشرب. فنسيج التاريخ العلمي المعاصر هو نسيج الجدال والنقاش. وأن الحجج التي تتبادل فيه وتتصارع هي مناسبات متعددة لظهور الانفصال.

نوع ثالث من الاعتراضات يلجأ إليه أصحاب فكرة الاتصال ويستقونه من ميدان التربية. فمادام هؤلاء يعتقدون باتصال المعرفة العادية بالمعرفة العلمية، فهم يسهرون على الابقاء عليه ويشعرون بضرورة تدعيمه وإسناده. ويحرصون على استخراج حجج المعرفة العلمية من بادئ الرأي استخراجا يحلو لهم أن يرجؤوا لحظات النضج العلمي، فيقفون عند العلم الابتدائي، العلم السهل اليسير ويأخذون على عاتقهم أن يجعلوا الطالب يشاطر المعرفة الأولية سكونها وثباتها. لكن لا مفر من انتقاد المعرفة الأولية. وحينئذ نقتحم باب الثقافة العلمية العسيرة.

G. Bachelard, le matérialisme rationnel, P.U.F. 1972, pp 207 - 213

## 9.1 . مِعْيَارُ الفَصْل : قَابليّةُ التفْنيد

ك. بُوبر

يرتد معيار الفصْل الذي ينطوي عليه المنطق الاستقرائي إلى الشرط التالي: ينبغي أن يكون في إمكاننا أن نعرف معرفة نهائية صدق وخطأ عبارات العلم التجريبي بأكملها (أو العبارات ذات المعنى جميعها)، ونحن إذ نؤكد بأنه ينبغي أن يكون في إمكاننا أن نحسم في صدق تلك العبارات أو خطأ ها حسما فإننا نعني بذلك أنها ينبغي أن تصاغ بصورة تمكننا، منطقيا، من أن نتأكد من صحتها بقدر ما تمكننا من أن نتأكد من خطأها.

والحال أنْ ليس في هذا، على ما أعتقد، ما يشبه الاستقراء. بناء على ذلك فمن غير المقبول منطقيا، في نظرنا، استنتاج نظريات انطلاقا من عبارات مفردة «البتت التجربة صحتها» (مهما كان معنى ذلك). ليس في إمكان النظريات أن تكون أبدا موضع تمحيص تجريبي. وإذا ما أردنا أن نتفادى الخطأ الوضعي الذي يستبعد، بدعوى استخدام معيارنا في الفصل بين الخطأ والصواب، المنظومات النظرية للعلم الطبيعي، علينا أن نأخذ بمعيار يمكّننا من أن نقبل ضمن مجال العلم التجريبي العبارات التي لا يمكننا أن نتأكد من صحتها.

وبالرغم من ذلك، فإننا نسلم بأن المنظومة لا تكون تجريبية أو علمية، لا إذا كان في إمكانها أن تخضع لفحوص تجريبية. وفي هذه العبارات ما يومئ إلى أن قابلية التفنيدد لا قابلية التّحقق، هي التي ينبغي أن تُؤخذ معيارا للفصل.

وبعبارة أخرى، فنحن لا نتطلب من المنظومة العلمية أن تختار اختيارا نهائيا وتقبل قبولا نهائيا بمعنى إيجابي، وإنما نشترط في صورتها المنطقية أن تكون بحيث تُميّز، عن طريق فحوص تجريبية، فتقبل قبولا سلبيا؛ ومعنى ذلك أن المنظومة التي تنتمي إلى العلم التجريبي ينبغي أن يكون في إمكان التجربة أن تفندها.

(وهكذا فالعبارة: «قد تمطر السماء. هنا غدا أو لا تمطر» لن تعتبر عبارة تجريبية، لسبب بسيط وهوانه لا يمكن تفنيدها، على عكس العبارة التي تقول «ستمطر السماء هنا غدا» التي ستؤخذ على أنها عبارة تجريبية)

**K. popper la logique de la découverte scientifique trd.** N. Thyssen-Rutten et Ph. Devaux. Payot 1978, pp 36 - 38

## 10. 1 . التَّعْرِيفُ الإِجْرَائِيّ

### جَان. أولْمُو

ان المفاهيم الفيزيائية وليدة تجارب. أو لنقل إنها، بالأولى، أحكام واقع صيغت بصدد نتائج تجارب. ومن ثمة فهي توضع عن طريق تعريف اجرائي. وهذا يعني أنها تعرّف بالطريقة التي تسمح ببُلوغها وقياسها، تلك الطريقة المنتظمة القابلة للتكرار. فضلا عن ذلك، فإن فكرة التعريف الإجرائي تتضمن ربطا ونوعا من التفاعل المتبادل يدخل فيه الموضوع الذي يعبر عنه ذلك المفهوم: فهذا المفهوم يكون إذن في جوهره مفهوما وظيفيا. وهو يعبر عن نوع من التفاعل المتبادل: كما هو الشأن بين كتلة جسم وجميع القوى، وبين مقاومة سلك كهربائي مع جميع المولدات الكهربائية.

فرضت ضرورة التعاريف الاجرائية نفسها عندما اعترف بأن أكبر العقبات التي تعرقل سير التقدم العلمي كان هو الثقة العفوية بالبداهة والحدس واللغة. لا بداهة هناك ـ وقد بينت ذلك الابيستيمولوجيا الرياضية وأكده التقدم المتوعك للفزياء؛ أما الحدس فلا يتمتع بالقدرة على المعرفة ـ وهو ليس إلا لفظا يطلق على العادة أو حدة الفكر ومهارته؛ وليست للغة قيمة معرفية ـ فلا فكرة خالدة ولا حقيقة واقعية تعطي صورة عنها تجدان التعبير عنهما في لغتنا بالضرورة. لقد حل التواضع محل الكبرياء المبالغ فيه للعهود الأولى. وإن الانسان لا يعرف أي شيء مسبقا، وما يبدو له واضحا، وما يظن أن باستطاعته تأكيده دون برهان، لا يعمل إلا على تأخيره وتضليله. وكم أضعنا من الوقت مع حدس مفهوم القوة، وكم من الجدالات الجوفاء قامت حول تعاريف لفظية. وعندما أحطت النسبية من قيمة الزمان المطلق، ذلك المفهوم الذي يجد فيه الحدس ميدانه المفضل، حينذاك فرض التعريف الإجرائي نفسه على المنهج الفزيائي.

J. Ullmo. "Les concepts physiques " *in* **Logique et connaissance scientifique** sous la direction de J. Piaget. Gallimard, 1967, p 632.

## 11.1 . مَاهِيَ السِّمَاتُ التي تُمَيِّزُ الصُّورَةَ العِلْمِيَّةَ ؟
## إ. شْرُودِنجَر

لنتذكر ما سطره بيرنت في مقدمته من أن العلم اختراع يوناني، وأنه لم يوجد إلا بين الشعوب التي وقعت تحت تأثير اليونان. وهو يقول بعد ذلك في الكتاب نفسه: «كان طاليس مؤسس المدرسة الملطية، وكان بالتالي (!) أول رجال العلم». ويقول جومبرتس إن طريقتنا الحديثة في التفكير تقوم ـ بأكملها ـ على قواعد من التفكير اليوناني، فهي بالتالي طريقة خاصة، نشأت تاريخيا عبر قرون كثيرة، وليست هي بالطريقة المطلقة الوحيدة الممكنة للتفكير في الطبيعة. ويعول جومبرتس الكثير على أننا حين نصبح على وعي بهذا، مدركين أنها خصائص خاصة، فلربما حررنا ذلك من تأثيرها الذي لا يكاد يقاوم.

ماهي إذن؟ ما هي تلك السمات الخاصة التي تميز صورتنا العلمية عن العالم؟

هناك من تلك السمات سمة أساسية لا يمكن لأحد أن يشك فيها. تلك هي ذلك الفرض القائل بأننا «يمكن أن نفهم ما يحدث في الطبيعة»، وهي النظرة غير الروحية، غير الخرافية، غير السحرية. وليس هذا هو كل ما يمكن أن يقال عنها، بل يمكن أن نتناول في هذا المجال مسائل مثل: ماذا تعني المفهومية على وجه الدقة، وبأي معنى، يقوم العلم بالتفسير؟ وقد دعا اكتشاف ديفيد هيوم (1711 ـ 1772) أن العلاقة بين السبب والنتيجة علاقة لا نلاحظها مباشرة، وأنها لا تدل على شيء سوى التعاقب المنتظم ـ دعا ذلك الاكتشاف العظيم في نظرية المعرفة جوستاف كيرخوف (1) (1824 ـ 1887) الفزيائي العظيم، وإرنست ماخ ( 1838 ـ 1916) وآخرين، إلى القول بأن العلم الطبيعي لا يفسر، وأنه لا يهدف إلا إلى وصف الوقائع المشاهدة وصفا كاملا واقتصاديا (ماخ)، وغير هذا فإنه لا يستطيع أن يحقق. ثم جاء رجال علم الفزياء المحدثون، واحتضنوا هذا الرأي على صورته الأكثر تفصيلا في المذهب الوضعي الفلسفي.

وهذا الرأي رأى متسق قوى، بحيث إنه من الصعب ـ إن لم يكن من المستحيل ـ عليك تفنيده، شأنه في ذلك شأن اتجاه «الانحصار في الذات» (2)، وإن كان معقولا أكثر من هذا الأخير.

وعلى الرغم أن رأي الوضعيين يعارض صراحة «مفهومية الطبيعة»، فإن المؤكد أنه ليس رجعة إلى النظرة الخرافية السحرية في القديم، بل هو على العكس من ذلك تماما، يرفض من الفزياء فكرة القوة ـ أخطر بقايا النزعة التي تقول في هذا العلم بأن المادة على مثال الحي. أضف

(1) Gustav Kirchhof
(2) Solipsism

إلى ذلك أنه ترياق شاف ضد اندفاع العلماء الذين يظنون أنهم فهموا ظاهرة ما، بينما هم لم يفعلوا شيئا إلا أن وقفوا على وقائعها حين وصفوها. إلا أنني أعتقد رغم هذا - حتى من وجهة نظر الوضعيين - أنه لا ينبغي أن نقول إن العلم لا يؤدي إلى أي فهم فحتى إذا كان من الصحيح، كما يقولون، أننا في الأساس، نلاحظ ونسجل الوقائع ونصفها في تنظيم مناسب يساعد على التذكر، ولا شيئ غير ذلك، فإن هناك بالفعل علاقات بين اكتشافاتنا في مختلف مجالات المعرفة وأبعدها عن بعضها البعض، وعلاقات أيضا بين هذه المكتشفات وبين أفكارنا العامة الأساسية (كالأعداد الصحيحة الطبيعية 4، 3، 2، 1)، وهي علاقات مثيرة تبعث على العجب حتى ليمكن أن نطلق على عملية الوصول إليها وتسجيلها اسم «الفهم». وأبرز الأمثلة عندي الآن على ذلك هي النظرية الميكانيكية في الحرارة التي وصلت إلى حد رد الحرارة إلى أعداد خالصة. كما يمكن أن أعتبر نظرية داروين في التطور مثلا عن وصولنا إلى فهم حقيقي، كما يمكن أن تقول نفس الأمر عن علم الوراثة مؤسسا على اكتشافات مندل ودوفري، أما في الفزياء فقد وصلت نظرية الكوانتم إلى نظرة مبشرة وإن لم تصل بعد إلى أن تكون شاملة الشمول كله، على رغم نجاحها وفائدتها من نواحي كثيرة حتى في علم الوراثة والبيولوجيا بوجه عام.

وهناك، فيما أعتقد، سمة أخرى، إن تكن أقل وضوحا وظهورا من السمة الأولى، فإن أهميتها أساسية تعادل أهمية السمة الأولى، تلك هي أن العلم في محاولته وصف وفهم الطبيعة، فإنه يبسط هذه المشكلة المعقدة. فالعالم لا شعوريا، وغالبا متساهلا، يبسط مشكلة فهم الطبيعة بألا يعتبر ذاته وشخصيته، أي الذات التي تدرك، وأن يبترها من الصورة التي يكونها عن الطبيعة.

إن المفكر يتساهل ويتقهقر إلى دور الملاحظ الخارجي. وإذا كان هذا التقهقر يسهل كثيرا من مهمته، فإنه يترك فجوات وثغرات خطيرة تؤدي إلى تناقضات وتناقضات، حينما يحاول الإنسان - غير مدرك ما أهمله في الأصل - أن يرى نفسه في الصورة، وأن يعيد نفسه، أي عقله المفكر المحس، إليها مرة أخرى.

هذه الخطوة الخطيرة - خطوة بتر الذات والرجوع إلى مركز الملاحظ الذي لا شأن له بكل ما يدور - تسمى بأسماء غير هذا الاسم، أسماء تجعلها تبدو وكأنها خطوة طبيعية لا محيص عنها وليس فيها من ضرر. من ذلك تسميتها بالموضوعية أو النظر إلى العالم باعتباره موضوعا، وفي اللحظة التي تفعل فيها ذلك، فإنك تكون، بالتبعية، قد حكمت على ذاتك بالإبعاد. ومن العبارات التي كثيرا ما تستخدم كذلك عبارة «فرض وجود عالم حقيقي حولنا». وإنه لا ينساه إلا غبي. نعم إلا غبي، ولكن من الحق أيضا أنه خاصية وسمة خاصة لطريقة فهمنا للطبيعة لها ما يترتب عليها.

وأوضح ما أستطيع أن أجده لهذه الفكرة من سوابق في الكتابات اليونانية - نصوص هيراقليطس. فالذي نبنيه - عند هيراقليطس - هو ذلك «العالم المشترك»، فنحن هنا نعتبر العالم

موضوعاً، مفترضين ـ كما تقول العبارة الشائعة ـ أن العالم الحقيقي المحيط بنا يتكون من الأجزاء المتشابكة من وعي كل منا. وحين نفعل هذا، فإن كلاً منا يضطر إلى زحزحة نفسه، زحزحة الذات التي تدرك، الشيء الذي يقول «أنا أفكر إذن أنا موجود»، زحزحتها من العالم إلى مركز الملاحظ الغريب الذي لا شأن له بما يجري. وهكذا تصبح «أوجد» «يوجد».

هل الأمر كذلك حقيقة؟ وهل ينبغي أن يكون كذلك؟ وما السبب في كونه هكذا؟ إن السبب هو أننا لسنا مدركين له، وسأقول سبب عدم إدراكنا. وسأذكر أولا لماذا هو كذلك.

يتكون « العالم الحقيقي المحيط بنا » و «نحن أنفسنا» أي عقولنا، من مادة بناء واحدة، فالإثنان يتكونان من نفس الطوب، مع الاختلاف في التنظيم، فتكون هناك إدراكات حسية إلى جانب الذاكرة إلى جانب الخيال والفكر. ولا شك أن ذلك يحتاج إلى شيء من التدبر، ولكن الإنسان سرعان ما ينتهي إلى أن المادة تتكون من هذه العناصر ولا شيء غيرها، كما تأخذ أهمية الخيال والفكر في الازدياد، في مقابل مجرد الإدراك الحسي الفج، كلما تقدم العلم وتقدمت المعرفة بالطبيعة.

وما يحدث هو أن هذه الأشياء ـ ولندعها «عناصر» ـ يمكن أن تتصور إما أن العقل ـ عقل كل منا ـ يتكون منها، وإما أن العالم المادي هو الذي يتكون منها، أما تصور الأمرين معا في نفس الوقت فهو غير ممكن، أو هو ـ على الأقل ـ لا يمكن تصوره إلا بصعوبة كبيرة. فإذا ما نحن أردنا الانتقال من جانب العقل إلى جانب المادة أو العكس، فإن ذلك يتطلب منا أن نفصل بين العناصر، وأن نعيد وضعها من جديد في نظام مختلف تماما. وعلى رغم أنه ليس من السهل أن نعطي أمثلة، إلا أنني سأحاول. فعقلي في هذه اللحظة، مثلا، يتكون من كل ما أحسه حولي: جسدي وأنتم جميعا جلوس في مواجهتي ومذكرتي أمامي، وفوق هذا تلك الأفكار التي أرغب في شرحها لكم وتشكيلها المناسب في ألفاظ. فلنفحص أي موضوع مادي مما يحيط بنا، وليكن ذراعي ويدي على سبيل المثال. وهما باعتبارهما موضوعا ماديا لا يتألفان وحسب من إحساساتي المباشرة بهما، وإنما هما يتألفان أيضا من الإحساسات التي أتخيل أنها ستكون إذا ما أزحتهما أو حركتهما أو نظرت إليهما من كل الزوايا المختلفة، ومما أتخيله من مدركاتكم الحسية لهما، بل ويتألفان أيضا ـ إذا فكرتم فيهما تفكيرا علميا خالصا ـ من كل ما يمكن لكم تحقيقه واكتشافه حقيقة إذا أخذتموهما وقمتم بتشريحهما لتقنعوا أنفسكم بطبيعتهما الداخلية وتكوينهما. وهكذا، فلا حد هناك لإحصاء كل المدركات الحسية والإحساسات الممكنة التي يمكن أن أقوم بها أنا وأنتم والمتضمنة في حديثي عن هذا الذراع باعتباره سمة موضوعية من سمات «العالم الحقيقي المحيط بنا».

ومما يبعث على الابتسام، وإن كان إلى حد يسير، أننا إذا أعطينا طفلا صندوقا من الطوب المزخرف من مختلف الأحجام والأشكال والألوان، فإنه يستطيع أن يبني منه منزلا أو برجاً

أو كنيسة أو سور الصين العظيم، إلخ ...، إلا أنه لا يستطيع أن يبني اثنين من هذه الأشياء في نفس الوقت، لأنه يحتاج إلى نفس الطوب، إلى حد ما على الأقل، في كل مرة.

هذا هو السبب في أنني أعتقد أنني حينما أبني العالم الحقيقي المحيط بي، فإنني بهذا أكون قد بترت، بالفعل، عقلي غير منتبه إلى ذلك، ثم أعجب أشد العجب من النقص الفادح الذي تعاني منه صورة العلم عن العالم الحقيقي المحيط بي. إن العلم يوفر لنا قدرا من المعلومات الواقعية، يضع خبرتها كلها في نظام متسق رائع إلا أنه صامت بصورة مرعبة عن كل ما هو في الحق قريب إلى قلوبنا، وماهو في الحق يعنينا. إنه لا يستطيع أن يقول كلمة عن الأحمر والأزرق، والحلو والمر، واللذة والألم، وهو لا يعرف شيئا عن الجميل والقبيح، والخير والشر، والله والخلود. وقد يدعي العلم أحيانا أنه يحل بعض مشكلات هذه المجالات، إلا أن حلوله تبلغ حداً من التفاهة حتى أننا لا نميل إلى أخذها على محمل الجد.

وهكذا، باختصار، فإننا لا ننتمي إلى هذا العالم المادي الذي يبنيه العلم لنا. إننا لسنا فيه، إننا نحن بخارجه ولا نريد على أن نكون مشاهدين له. والسبب في أننا نعتقد أننا فيه وأننا ننتمي إلى الصورة، هو أن أجسامنا توجد فيها. إن أجسامنا تنتمي إليها، ليس فقط جسمي وحدي، بل وأجسام أصدقائي، وكلبي أيضا وقطتي وجوادي وكل الآخرين من ناس وحيوان. وليس ثمة من سبيل للاتصال بهم غير ذلك.

كذلك، فإن هناك بضع تغيرات قليلة تجذب اهتمامنا ـ مثل الحركات وغيرها ـ تصدر عن جسمي وتحدث في هذا العالم المادي، بحيث إنني أشعر، إلى حد ما، أنني مصدر هذه الأحداث. إلا أنه سرعان ما تقف في سبيلنا عقبة، تلك هي اكتشاف العلم المحير أنه لا يحتاج إليّ كمصدر لهذه الأحداث، لأنها ـ في نظر صورة العلم عن العالم ـ تعرف كيف تهتمّ بنفسها، وهو يفسرها عادة بإرجاعها مباشرة إلى تفاعل الطاقة، وكما يقول شرنجتون فإن حركات الجسم الإنساني نفسها «هي من ذاته». إن صورة العلم عن العالم تدعي الفهم الكامل لكل ما يحدث، إلا أنها تجعل كل شيء مفهوما إلى درجة الابتذال. فهي تجعلك تتصور أن الإنسان يتصرف وكأنه ساعة ميكانيكية، يمكن ـ في حدود كل ما يعمله العلم ـ أن تسير على ما هي سائرة عليه بلا وعي منها أو إرادة أو جهد أو ألم أو فرح أو مسؤولية ترتبط بها، على رغم أن هذا هو الذي يحدث بالفعل. إن سبب هذا الموقف المحير هو أننا، لغرض تكوين صورة العالم الخارجي، استعملنا تلك الأداة التبسيطية، أداة بتر شخصيتنا نحن واستبعادنا، فذهبت مع الريح وتبخرت، فما من حاجة إليها.

ومن الأمور الهامة، أن هذا، على وجه الخصوص، هو السبب في خلو النظرة العلمية من القيم الأخلاقية والجماعية، أو من كلمة عن أهدافنا المطلقة، أو عن مصيرنا، وإذا سمحتم لي، أو عن إله. ومن أين أتيت وإلام المصير؟

إن العلم لا يستطيع أن يقول لنا كلمة عن السبب في أن الموسيقى تملأنا بالغبطة، ولماذا

وكيف تستطيع أغنية قديمة أن تنزع من عيوننا الدموع.

فإذا كنا نعتقد أن العلم، في الأساس، يستطيع أن يصف، بتمام الجزئيات، ما يحدث في الحالة الأخيرة في مركز الحس والحركة في الدماغ منذ اللحظة التي تصل فيها أمواج التضاغطوالتمدد إلى آذاننا حتى تفرز غدد معينة سائلا مالحا يفيض من العيون، فإن العلم لا يدري شيئا عن مشاعر الفرحة أو الحزن التي تصاحب تلك العملية، ولهذا فإنه عنها لفي صمت.

وإنه لفي صمت أيضا إذا ما كنا بإزاء مشكلة الوحدة العظمى ـ واحد بارمنيدس ـ التي نحن جميعا بعض منها وإليها ننتمي، والتي أشيع أسمائها في أيامنا هذه: الله. فإذا كان العلم كثيرا ما يوصم بأنه منكر للألوهية فإنه يزول العجب بعد معرفة السبب. فما دامت صورته عن العالم لا تتضمن شيئا حتى عن الأزرق أو الأصفر أو المر أو الحلو، عن الجمال أو الفرحة أو الحزن، ومادامت الشخصية قد بترت منها بالاتفاق، فأنى له أن يتناول أسمى فكرة تعرض للعقل الإنساني؟

إن العالم كبير وعظيم وجميل. وتطوي معرفتي العلمية عن أحداثه مئات الملايين من السنين. إلا أنها متضمنة بطريقة أخرى في سنين قليلة سبعين أو ثمانين أو تسعين مُنحت لي لحظة زهيدة في زمان لا يقاس، بل إنها لكذلك أيضا حتى في الملايين أو المليارات المحدودة من السنين التي تعلمت كيف أقيس وأقدر. من أين أتيت وإلام المصير؟ هذا هو السؤال العظيم الذي لا سبيل إلى استقصائه، والذي هو أمام كل منا، والذي لا يستطيع العلم أن يجيب عنه، وعلى رغم ذلك، فإن العلم يمثل أفضل مستوى استطعنا الوصول إليه في طريق المعرفة المضمونة التي ليس حولها من خلاف.

لقد استمرت حياتنا، كبشر، ما لا يزيد عن حوالي نصف المليون من السنين وحسب، بينما نستطيع أن نتنبأ من كل ما عرفنا أنه ستأتي على هذه الأرض نفسها ملايين أخرى من السنين. ولهذا السبب فإننا نعتقد أن أي فكر نحصله في هذا الزمان فإنه لن يذهب عبثاً.

إيروين شرودنجر، الطبيعة والإغريق، ترجمة عزت قرني، دار النهضة العربية 1962، ص ص 125 - 135

## 12.1. حُدُودُ الطّريقَة العِلميّة

ب. رسلْ

مهما يكن لدينا من معرفة، فهي إما معرفة حقائق خاصة أو معرفة علمية. وتقع تفاصيل التاريخ والجغرافيا خارج نطاق العلم، بمعنى أنها شيء يفترضه العلم، ويكوّن الأساس الذي يقوم عليه بناء العلم. والبيانات التي يطلب استيفاؤها على جواز السفر كالاسم وتاريخ الميلاد ولون

عيني الجد ... إلخ هي مجرد حقائق؛ ووجود قيصر ونابليون في الماضي، ووجود الأرض والشمس وغيرها من الأجرام السماوية في الحاضر، يمكن اعتباره أيضا مجرد حقائق. ومعنى ذلك أن معظمنا يقبلها على أنها حقائق، ولكننا إذا التزمنا الدقة الكاملة قلنا إنها تتضمن استنتاجات قد تكون صحيحة وقد لا تكون. ولو أن تلميذا يتعلم التاريخ فرفض الإيمان بوجود نابليون، لأنزل به العقاب في غالب الظن، ولعل هذا في نظر صاحب التفكير البراجمي دليل كاف على وجود هذا الرجل في الماضي؛ ولكن التلميذ إن لم يكن براجميا فقد يقول في نفسه أن مدرسة لو كان لديه أي مبرر لاعتقاده بوجود نابليون؛ لأمكن الإفصاح عن هذا المبرر. وما أقل مدرسي التاريخ الذين أرى أنهم يستطيعون تقديم دليل طيب يثبت أن نابليون لم يكن خرافة. وأنا لا زقول بعدم وجود مثل هذه البراهين، بل أقول إن معظم الناس لا يعرفون ماذا تكون هذه البراهين.

وواضح أنك لكي تصدق شيئا خارجا عن تجاربك الشخصية، فينبغي أن يكون لديك مبرر لتصديقه. والمبرر عادة هو رأي الثقات. فحينما اقترح لأول مرة أن تنشأ معامل في كبردج اعترض الرياضي تودهتر Todhunter بأنه لا ضرورة لأن يرى الطلبة التجارب حيث تجرى، مادامت النتائج يقررها لهم أساتذتهم، وكلهم رجل بلغ اسمى مراتب الخلق، وكثير منهم قسيسون في كنيسة انجلترا، كان توهنتر يرى كفاية الاعتماد على رأي الثقات. وكلنا يعلم مع ذلك أنه كثيرا ما ثبت خطأ الثقات. صحيح أنه لابد لمعظمنا من أن يعتمد عليهم في القدر الأكبر من معارفه. فأنا أقبل عن الثقات وجود (جبال الألب) ومن الواضح أنه يستحيل على كل منا أن يتثبت بنفسه كل حقائق الجغرافيا. ولكن المهم هو أنه ينبغي أن توجد فرصة للتثبت، وينبغي أن يعترف بضرورة التثبت من آن لآخر.

وإذا عدنا إلى التاريخ وجدنا أننا كلما أوغلنا في القدم، تزايد لدينا الشك. فهل وجد فيثاغورس؟ غالبا وجد. هل وجد روميلوس؟ كلا على الأرجح. هل وجد ريموس؟ من المحقق تقريبا أنه لم يوجد. على أن الفرق بين الدليل على وجود نابليون والدليل على وجود روميلوس إنما هو فرق في الدرجة، أو بتعبير أدق إنه لا يمكن قبول أيهما على أنه مجرد واقع مادي، مادام لم يدخل أيهما في تجربتنا المباشرة.

هل توجد الشمس؟ سيقول معظم الناس إن الشمس تدخل في تجربتنا المباشرة على نحو لا يدخل به نابليون في هذه التجربة. ولكنهم في زعمهم هذا يخطئون. فالشمس منفصلة عنا في المكان كانفصال نابليون عنا في الزمان. والشمس إنما نعرفها ـ كما نعرف نابليون ـ عن طريق آثارها. يقول الناس إنهم يرون الشمس. ولكن ليس معنى ذلك إلا أن شيئا قد سافر خلال ٩٣ مليون ميل، وهي المسافة التي تفصلنا عن الشمس، وأحدث تأثيرا على شبكية العين والعصب البصري والمخ. وهذا الأثر الذي يصيبنا حيث نحن، ليس بالتأكيد هو الشمس كما يفهمها الفلكيون فالحق أن نفس التأثير يمكن إحداثه بوسائل أخرى. فيمكن نظريا تعليق كرة متوجهة

من المعدن المنصهر في مكان تبدو منه لأحد المشاهدين كما تبدو الشمس تماما. ويمكن جعل تأثيرها في المشاهد لا يتميز مطلقا من أثر الشمس. فالشمس إذن استنتاج مما نرى، وليست هي الرقعة المضيئة التي نعرفها لأول وهلة.

فمما يميز التقدم العلمي القلة المتزايدة في عدد ما يتبين أنه حقيقة كائنة، والكثرة المتزايدة فيما يتبين أنه استنتاج. والاستنتاج يجرى بطبيعة الحال بطريقة غير شعورية بالمرة، إلا عند من مرنوا على الشك الفلسفي. ولكن ينبغي الا يعتبر أن الاستنتاج غير الشعوري صحيح بالضرورة. فالأطفال يحسبون أن طفلا آخر على الجانب الآخر للمرآة، ومع أنهم لم يبلغوا هذا الاستنتاج عن طريق المنطق، فإنه مع ذلك استنتاج خاطئ.

وكثير من استنتاجاتنا غير الشعورية، وما هي في الواقع غير أفعال منعكسة شرطية اكتسبت في الطفولة الأولى، لا تعرض للفحص المنطقي حتى يتبين أن الشك يكتنفها من كل جانب.

وقد اضطر علم الطبيعة بحكم ضروراته الخاصة أن يلتفت إلى بعض من أمثلة الرأي المبتسر الذي لا مبرر له من الواقع. فالرجل العادي يظن أن المادة متماسكة. وأما عالم الطبيعة فيعتقد أنها موجة من الاحتمال تتذبذب في اللاشيئية. وفي أوجز عبارة، تعرف المادة في مكان ما بأنها احتمال رؤيتك شبحا في هذا المكان. ولكن موضوعنا الآن لا يتعلق بالتأملات الميتافيزيقية، بل يتعلق بسمات الطريقة العلمية التي نشأت عنها هذه التأملات. ففي السنوات الأخيرة زاد قصور الطريقة العلمية وضوحا عما كان في أي وقت مضى. وصار هذا أوضح ما يكون في علم الطبيعة أكثر العلوم تقدما، أما في غيرها من العلوم فإن هذا القصور لا يكاد يكون له أثر. ولكن لما كان الهدف النظري لكل علم أن يستوعب في علم الطبيعة، فلعلنا لا نعدو الصواب إذا طبقنا على العلم عامة، تلك الشكوك والصعاب التي غدت واضحة في ميدان علم الطبيعة.

ويمكن جمع نواحي القصور في العلم تحت ثلاثة عناصر رئيسية:

(1) الشك في صحة الاستقراء (2) صعوبة استنتاج ما لا يقع في تجربتنا قياسا على ما يقع في تجربتنا (3) انه حتى بفرض إمكان استنتاج ما لا يدخل في تجربتنا، فإن مثل هذا الاستنتاج يكون بالضرورة ذا طابع مجرد غاية التجريد، وبذلك فهو يعطي قدرا من المعلومات أقل مما يبدو أنه معطيه لو استخدمت اللغة العادية.

1 ـ الاستقراء ـ كل الأدلة الاستقرائية يمكن تبسيطها آخر الأمر إلى ما يلي:

« إذا كان هذا صحيحا فذاك صحيح. ولما كان ذاك صحيحا إذن فهذا صحيح »

وهذا خاطئ بطبيعة الحال. ولنفرض أني قلت « إذا كان الخبز حجرا والاحجار مغذية، إذن فهذا الخبز يغذيني. لذلك فهو حجر، والأحجار مغذية ». إنني لو قدمت هذا الاستدلال لرميت بالحماقة من غير شك. ولكن هذا القول لا يختلف في أساسه عن الاستدلالات التي ترتكز عليها

كل قوانين العلم. ففي العلم نقول دائما ما دامت الحقائق المشاهدة تخضع لقوانين خاصة، إذن فغيرها من الحقائق في نفس النطاق يخضع لنفس القوانين. وقد تحقق ذلك فيما بعد في مجال متسع أو ضيق، ولكن أهمية العملية إنما تتعلق دائما بتلك المجالات التي لم يحقق فيها بعد. لقد حققنا قوانين الاستاتيكا مثلا في حالات لا تعد، ونحن نستخدمها في بناء الجسر. تلك القوانين لم تحقق فيما يتعلق بهذا الجسر. حتى تجد الجسر قائما، وإنما تكمن أهميتها في تمكيننا من التنبؤ سلفا بأن الجسر سيقوم وليس من السهل أن نفهم لماذا نعتقد أنها ستقوم، فليس هذا مثالا للأفعال المنعكسة الشرطية لباڤلوف، التي تحملنا على أن نتوقع حدوث أي ارتباطات خبرناها كثيرا في الماضي. ولكن إذا كان عليك أن تجتاز قنطرة في قطار، فلن يهمك أن تعلم السبب في أن المهندس قد ظنها قنطرة طيبة، بل يهمك أن القنطرة ينبغي أن تكون طيبة فعلا، وهذا يتطلب صحة استقرائه من قوانين الاستاتيكا في الحالات التي شوهدت إلى نفس القوانين في الحالات التي لم تشاهد.

ومن أسف أن أحدا لم يقدم حتى الآن أي مبرر كاف للاعتقاد بسلامة هذا النوع من الاستدلال. فمنذ مائتي عام شكّك هيوم في الاستقراء كما شكّك في الواقع في معظم ما عداه من الأمور. فاستشاط الفلاسفة غضبا، وابتكروا نقضا لآراء هيوم. وقد قبل هذا النقض بسبب غموضه البالغ ، الحق، أن الفلاسفة قد حرصوا زمانا طويلا على أن يكونوا غير مفهومين، ولو لم يفعلوا لاستطاع كل امرئ أن يتبين خطأهم في الرد على هيوم. وإن من السهل أن تبتكر ميتافيزيقا تخلص منها إلى سلامة الاستقراء. وقد فعل ذلك كثيرون، ولكنهم لم يقدموا أي مبرر للإيمان بميتافيزيقاهم إلا كونها ميتافيزيقا ممتعة. فلا شك في امتاع ميتافيزيقا برجسون ؛ فإن مثلها كمثل مزاج من ألوان الخمور نرى بفضله العالم موحده، دون فوارق فاصلة، وكله خيّر بشكل مبهم. ولكن هذه الميتافيزيقا لا يحق لها أن تدرج في طرق البحث عن المعرفة ، إلا كما يحق لذلك المزاج من ألوان الخمور (لكوكتيل). قد تكون هناك أسس سليمة للإيمان بالاستقراء، والواقع أن أحدا منا لا يتمالك أن يؤمن به، ولكن يجب أن يسلم ـ من الوجهة النظرية ـ بأن الاستقراء لم يزل مشكلة منطقية بغير حل. ولكن ما دام هذا الشك يؤثر في كل معارفنا تقريبا، فلنتجاوزه، ولنعترف على الأساس البراجمي بأن الطريقة الاستقرائية ـ مع التحفظات اللازمة ـ طريقة مقبولة.

2 . استنتاج ما لم يقع في تجربتنا؛ إن ما يدخل فعلا في تجربتنا يقل كثيرا عما نحسب بطبيعة الحال، كما ذكرنا ذلك آنفا. فقد تقول مثلا إنك ترى صديقك مستر جونس يمشي في الطريق؛ ولكنك بذلك تجاوز ما يحق لك قوله. إنك ترى الرقع الملونة تمر متتابعة أمام شيء ثابت. وهذه الرقع، وفقا لقانون باڤلوف عن الأفعال المنعكسة، تدعو إلى عقلك كلمة (جونس) وهكذا تقول إنك ترى جونس. ولكن غيرك من الناس المطلين من نوافذهم من زوايا مختلفة يرون شيئا

مختلفا وفقا لقواعد المنظور. لذا فلو أنهم جميعا يرون جونس فلابد أن هناك نسخا مختلفة من جونس يبلغ عددها عدد النظارة. وإذا كان هناك جونس واحد حق، فإن رؤيته لا تتاح لأحد، ولو فرضنا مؤقتا صحة ما يقوله علم الطبيعة، لفسرنا ما نسميه «رؤية جونس» بالعبارات الآتية أو ما يشبهها؛ أن حزما صغيرة من الضوء يقال للواحد منها (كم ضوئي) تنطلق من الشمس، ويصل بعضها منطقة بها ذرات من نوع خاص تكون وجه جونس ويديه وملابسه. وهذه الذرات غير موجودة في ذاتها، ولكنها مجرد طريق مختصر للإشارة إلى الأحداث الممكنة. وبعض الكمات الضوئية حين تصل إلى ذرات جونس ينقلب اقتصادها الداخلي من الطاقة، وهذا يجعله يحترق بالشمس، ويصنع ڤيتامين S. وينعكس غيرها من الكمات، ويدخل بعض هذا المنعكس في عينيك، حيث يحدث اضطرابا معقدا للقضبان والمخروطات فترسل هذه بدورها تيارا في العصب البصري، وحين يصل هذا التيار إلى المخ ينتج حدثا. وهذا الحدث هو ما نسميه «رؤية جونس». من هذا الوصف يتضح أن الرابطة بين «رؤية جونس» وبين «جونس» هي رابطة بعيدة غير مباشرة من روابط العلية. بينما جونس نفسه يظل ملتحفا بالغموض. قد يكون مفكرا في عشائه، أو كيفية إفلاسه، أو في مظلته التي فقدها؛ هذه الأفكار هي «جونس» ولكنها ليست ما تراه. فإذا قلت إنك ترى جونس لم تجاوز من الصواب ما تبلغه لو قلت حين تقفز كرة من فوق سور حديقتك وترتطم بك، إن الحائط قد ارتطم بك. فالواقع أن الحالتين بينهما شبه شديد.

نحن إذن لا نرى ما نظن أننا نراه. فهل هناك مبرر للاعتقاد بأن ما نحسب أننا نراه موجود، وإن كنا لا نراه؟ إن العلم يزهو دائما بأنه تجريبي وأنه لا يصدق ما لا يمكن تثبته. وأنت الآن تستطيع أن تتثبت في نفسك الأحداث التي تسميها رؤية جونس. ولكنك لا تستطيع أن تتثبت جونس نفسه. قد تسمع أصواتا تسميها حديث جونس إليك، وقد تحس أحاسيس لمسية تسميها ضرب جونس إياك، وإن لم يكن قد استحم منذ زمن طويل فقد تحس أحاسيس شمية تظن أنه مصدرها. ولو أنك انطبعت بطابع هذه الآراء التي سقناها، لخاطبته، وكأننا على الطرف الآخر من التلفون، فسمعناك تقول «هل أنت موجود» وقد تسمع على أثر ذلك هذه الألفاظ «نعم أيها الأبله، ألست تراني؟» ولكنك لو اعتبرت هذه الألفاظ دليلا على أنه موجود، كنت لم تفهم مغزى ما سقناه من تدليل وذلك المغزى هو أن جونس فرض مريح يمكن بفضله أن نُجمّع بعض أحاسيسك في حزمة. ولكن الذي يمسكها معا، ليس هو اشتراكها في الأصل الافتراضي، إنما هو بعض أوجه الشبه والتقارب العلي، وهذه تظل باقية ولو كان أصلها المشترك خرافيا. إنك إذا رأيت شخصا في السينما عرفت أنه غير موجود ما دام ليس على المسرح، وإن كنت تفترض أن شخصا أصليا كان موجودا فعلا باستمرار. ولكن لماذا تفترض هذا الفرض؟ لماذا لا يكون جونس كالرجل الذي تراه في السينما؟ قد يغضب منك إذا ذكرت له مثل هذه الفكرة، ولكنه لن يستطيع دحضها ما دام عاجزا عن أن يجعلك تخبر ما يفعل، حين هو لا يدخل في خبرتك.

فهل من طريق لاثبات وجود أحداث غير تلك التي تخبرها بنفسك؟ هذه مسألة ذات أهمية عاطفية، وإن كان عالم الطبيعة النظري اليوم يعتبرها غير هامة. فإنه سيقول «إن نظرياتي تختص باستحداث قوانين علية تربط بين أحاسيسي. وفي عبارات هذه القوانين العلمية أستطيع استخدام وحدات فرضية. وأما أن نسأل هل هذه الوحدات أكثر من فرضية، فهذا أمر لا فائدة منه، لأنه خارج عن نطاق التحقيق المستطاع». وقد يضطر إلى الاعتراف بوجود غيره من علماء الطبيعة، لأنه بحاجة إلى الانتفاع بنتائج بحوثهم؛ وبعد اعترافه بعلماء الطبيعة قد يعترف تأدُبا بدارسي العلوم الأخرى. وقد ينشئ في الواقع استدلالا بالمماثلة، ليثبت أنه ما دام جسمه مرتبطا بأفكاره، فكذلك الأجسام التي تشبه جسمه شبها قريبا هي على الأرجح مرتبطة أيضا بأفكار. ونصيب هذا الاستدلال من القوة أمر مشكوك فيه؛ ولكن حتى مع التسليم به، فهو لا يسمح لنا باستنتاج وجود الشمس والنجوم أو أية مادة غير حية. وهذا يسوقنا في الواقع إلى رأي بركلي، القائل بعدم وجود شيء غير الأفكار وقد انقذ بركلي الكون وخلود الأجسام بأن اعتبرها أفكار الله، ولكن هذا لم يكن غير تحقيق رغبة، ولم يكن تفكيرا منطقيا. ولكنه كان مطرانا وكان ارلنديا، فينبغي لنا ألاّ نبالغ في القسوة عليه. والحق أن العلم قد بدأ بكثير مما يدعوه سنتيانا (الإيمان الحيواني) وما هو في الواقع غير الفكر الذي تسيطر عليه نظرية الأفعال المنعكسة الشرطية. وكان هذا الإيمان الحيواني هو ما مكّن لعلماء طبيعيين من الإيمان بعالم المادة ولكنهم انقلبوا عليه تدريجيا فخانوه، وكان مثلهم كمثل من يستفيد من دراسة تاريخ الملوك فينقلب جمهوريا.

فعلماء الطبيعة اليوم لم يعودوا يؤمنون بالمادة. وليس هذا في ذاته خسارة عظمى، بشرط أن يبقى لنا عالم خارجي فسيح متنوع، ولكنهم، ـ ويا للأسف ـ لم يقدموا لنا ما يبرر الإيمان بعالم خارجي غير مادي.

والمشكلة في أساسها ليست مشكلة عالم الطبيعة، بل مشكلة رجل المنطق. وهي في جوهرها مشكلة بسيطة، هي: هل تتيح لنا الظروف يوما أن نستنتج من مجموعة من الأحداث المعروفة، أن حدثا آخر قد حدث أو يحدث أو سيحدث؟ وإذا لم نستطع الوصول إلى هذا الاستنتاج على نحو محقق، فهل نستطيع الوصول إليه بدرجة احتمال كبرى، أو على الأقل بدرجة احتمال تزيد عن 50٪؟ إذا كان الجواب على هذا السؤال نعم كان هناك مبرر لأن تعتقد ـ كما نعتقد جميعا فعلا ـ حدوث أشياء لم تدخل نطاق تجربتنا الشخصية. وإذا كان الجواب لا لم يكن هناك مبرر لأن نعتقد ذلك. ولم يكد المناطقة يعنون ببحث هذه المسألة في بساطتها العادية، ولست أدري لها جوابا واضحا. ولابد أن تظل المشكلة قائمة حتى يأتي جواب لهذا السؤال، إيجابا كان أو سلبا. ولابد من أن يظل إيماننا بالعالم الخارجي مجرد إيمان حيواني.

3 ـ التجريد في الطبيعة ـ إننا حتى لو افترضنا أن الشمس والنجوم والعالم المادي عامة

ليست من اختراع الخيال، وليست مجموعة من الحروف المساعدة في معادلاتنا، فالذي يمكن أن يقال عنها إنما هو قول مجرد غاية التجريد، يزيد في تجريده عما يتبدى من اللغة التي يستعملها علماء الطبيعة ليكون قولهم مفهوما. فالمكان والزمان اللذين يعالجونهما ليسا هما الزمان والمكان اللذين يدخلان في تجاربنا. وأفلاك الكواكب لا تشبه الاهليلج الذي نراه في خرائط المجموعة الشمسية إلا في خصائص مجردة تمام التجريد. ويمكن مدّ صلة الملامسة التي تدخل في تجربتنا إلى أجسام عالم الطبيعة. أما العلاقات الأخرى المعروفة في تجربتنا فليس يعرف وجودها ذاتها في عالم الطبيعة. وأقصى ما يمكن معرفته على أحسن الفروض هو وجود علاقات في عالم الطبيعة تشترك مع العلاقات التي نعرفها في بعض الخصائص المنطقية المجردة. والخصائص المشتركة بينهما هي تلك التي يمكن التعبير عنها رياضيا، وليست تلك التي تميزها في الخيال من العلاقات الأخرى. ولنضرب مثلا القدر المشترك بين اسطوانة الحاكي والموسيقى التي تحكيها هذه الاسطوانة، فنجد أنهما تشتركان في بعض الخصائص التركيبية التي يمكن التعبير عنها تعبيرا مجردا، لكنهما لا تشتركان في أيّ من الخصائص الواضحة للحواس. وبفضل التشابه التركيبي يمكن لإحداهما أن تسبب الأخرى. وبالمثل، يستطيع عالم طبيعي يشترك مع عالمنا الحسي في التركيب أن يسببه، حتى وإن كان لا يشبهه في غير التركيب. فنحن على أحسن الفروض إذن لا نستطيع أن نعرف عن العالم الطبيعي غير أشباه تلك الخواص التي تشترك فيها اسطوانة الحاكي والموسيقى، لا أشباه تلك الخواص التي تميزها الواحدة من الأخرى. واللغة العادية غير ملائمة مطلقا للتعبير عما تقرره الطبيعة حقيقة، لأن ألفاظ الحياة اليومية غير كافية التجريد. وليس غير الرياضة والمنطق الرياضي بمستطيع الإقلال من الكلام إلى الحد الذي يعني رجل الطبيعة إلا يجاوزه. وهو لا يكاد يترجم رموزه إلى الألفاظ، حتى يتورط في قول بالغ المادية، ويرسم في أذهان قرائه صورة بهيجة لشيء يمكن تخليه وفهمه، هو أمتع بكثير، وأوصل بلغة الحياة اليومية بكثير، مما يحاول أن ينقله إليهم.

ويمقت الكثيرون التجريد مقتا شديدا، ولعل السبب الرئيسي في ذلك هو صعوبة العقلية، وإذا كانوا لا يريدون الاعتراف بهذا السبب، فهم يخترعون مبررات أخرى من كل نوع، تكون فخمة الإيقاع. فيقولون إن كل الحقائق مادية، وأننا في التجريد نترك الجوهر. يقولون إن التجريد كله إفساد للحقائق، وإنك لا تكاد تترك أي جانب من شيء محسوس، حتى تعرض نفسك لخطر المغالطة بأن تعتمد في استدلالك على جوانبه الأخرى فقط. والذين يجادلون على هذا النحو إنما يعنون في الواقع بأمور تختلف عما يعني به العلم. إن التجريد كثيرا ما يكون مضللا من وجهة النظر الجمالية مثلا. فقد تكون الموسيقى جميلة، بينما اسطوانة الحاكي لا جمال فيها. ولا تفي المعرفة المجردة التي يقدمها علم الطبيعة - من وجهة النظر الحالم - بحاجات شاعر الملاحم الذي يكتب تاريخ الخلق. إنه يبغي معرفة ماذا رآه الله حين نظر إلى العالم فوجده جميلا؛ ولا يستطيع القناعة بالنظريات التي تقدر الخصائص المنطقية المجردة للعلاقات بين الأجزاء المختلفة لما

رآه الله. وأما التفكير العلمي فأمر مختلف عن ذلك. إنه في أساسه تفكير القدرة ـ أي ذلك النوع من التفكير الذي يهدف شعوريا أو لا شعوريا إلى إعطاء مقدرة لصاحبه. والقوة مدرك عليّ، وليصل المرء إلى المقدرة على أي مادة، لا يلزمه غير فهم القوانين العلمية التي تخضع لها. وهذا موضوع مجرد في جوهره. وكلما زاد ما نسقطه من حسابنا من التفاصيل غير المتصلة بالموضوع، كلما زادت أفكارنا مقدرة. ويمكن توضيح نفس هذا الأمر في المجال الاقتصادي. فالزارع الذي يعرف كل ركن من أركان حقله، لديه معرفة مادية بالقمح، ولا يحقق من الربح ألا أقل القليل. وسكة لحديد التي تحمل قمحه تنظر إليه نظرة أكثر تجريدا بقليل، وتربح مالا أكثر منه بقليل. والتاجر الذي يعمل في سوق الأوراق المالية، الذي لا يعرف القمح إلا في مظهره المجرد البحت على أنه شيء قد يرتفع وقد ينخفض هو ـ على طريقته ـ يبلغ في البعد عن الحقيقة المحسوسة ما بلغه عالم الطبيعة. وهو الذي يصيب من الربح والنفوذ ما لا يصيبه غيره من العاملين في الميدان الاقتصادي. وكذلك شأن العلم، وإن كانت المقدرة التي ينشدها رجل العلم، أبعد منالا، وأكثر تجريدا من تلك التي ينشدها تاجر سوق الأوراق المالية.

إن التجريد البالغ في علم الطبيعة الحديث يجعله صعب الفهم، ولكنه يمنح من يستطيع إدراكه، فهما للعالم من حيث هو كل، وعرفانا بتركيبه وميكانيكيته، لم يكن يستطيع منحها جهاز أقل تجريدا. إن المقدرة على استخدام التجريدات هي لباب العقل وكلما زاد التجريد، عظمت انتصارات العلم العقلية.

برتراند رسل، النظرة العلمية. تعريب عثمان نويه، مكتبة الانجلو المصرية، 1956، ص ص 60 - 73.

## 13.1. العَقْلُ العِلمي

### جَانْ ـ تُوسَان دُوزَانْتي

«العقل» و «العلم» : كلمتان مترابطتان بحيث إن المفهومين اللذين تشير إليهما الكلمتان مفهومان يحدد كل منهما الآخر ويتوقف عليه. وهذا الزوج، الناتج عن عقد قران قديم، زوج لا ينفصم، إلى درجة أن مجتمعاتنا التي يقال عنها بأنها مجتمعات متقدمة ترى فيه ميزتها الأصلية وعلامتها المميزة والمنبع المتجدد دوما (كما تعتقد هذه المجتمعات) لسلطتها على الأشياء وعلى الناس. كل مجتمع ينشئ الأوجه الخاصة لتاريخه الأسطوري. فهو يجد في هذه الأوجه طمأنينته الخاصة والراحة المتولدة عن التبرير الذاتي. فما يعتقده المجتمع عن نفسه يأخذ صورة ووزن واقع طبيعي، ومعطى لا مرد له، معطى ثقيل لا مجال لوضعه موضع سؤال. هكذا هو الأمر بالنسبة لنا، نحن الذين انتظم تاريخنا في هذه الزاوية القارية المدعوة بأوروبا. وأن تكون قد

ولدت في هذا المكان عينه واغتنت أشكال من المعرفة ندعوها العلوم، فهذا ما قادنا إلى أن ننقل إلى الانسان نفسه، أي إلى الانسان النوعي، إمكانية إنتاج هذه العلوم كما لو أن النوع، الذي سمي نفسه بالانسان العارف، قد وجد هناك إمكانية تطوير طبيعته وظفر بالشكل الشمولي لوجوده: أي العقل.

إن مهمتي في هذا المقال هي اتخاذ وجهة نظر نقدية تجاه هذا اليقين الجميل والمتداول. والنقد يمكن أن يفهم من خلال ثلاثة معان.

أولا : مساءلة الزوج علم - عقل حول تشكله التاريخي، وإرجاعه إلى أصله المفترض. وهو أصل يتعين علينا الاحجام عن نقد مدلوله لأنه ليس من الممكن تحديد سوى أصل واحد له.

ثانيا : قياس مدى ترابط مدلولي العلم والعقل. ربما كان ما ندعوه ب «العقل» أقدم بكثير، وأكثر رسوخا مما ندعوه ب «العلم». وربما بدا اليوم أن هناك مبالغة في هذا العقل المتجذر، وذلك بالقياس إلى الطرائق التي تتطلبها العلوم. ربما تضمن هذا العقل «فائضا».

ثالثا : محاولة التعرف على هذا الفائض ومساءلته حول جذوره وحظوظ استمراره. وربما قيض له أن يتخذ موقف الصمت، أو أن يبعد بواسطة النجاحات التي تحققها أنشطتها التقنية، التي هي اليوم أنشطة مكتملة (أو مليئة بالعلم كما يقال، أنظر هذا الرمز المزدوج : الناظم الآلي (L'ordinateur) وشبكة الأقمار الاصطناعية). هل تبقى له بعض الحظ، أي هل تبقى له ميدان يمكن أن يبدع فيه خطابات، وبايجاز هل تحول هذا الذي كان يدعى قديما من طرف الاغريق ب «اللوغوس» تحولا نهائيا وإلى الأبد وضاع في عقلانية العلوم؟ أو هل يتعين عليه أن يستمر في الحياة بلا دلالة ولا فائدة، كموضوع للذكرى أو للترديد الحنون؟ هلا يكون من الملائم أن نبعثه من قبره في هذا العالم التكنولوجي. ألا يكون من الأجدى الحفاظ عليه وتطويره؟ ألا يتعين إيقاظه الآن ووضعه في قلب المعارف ذاتها وإعطاؤه الكلمة ضمن وبصدد عقلانية العلوم؟

إن تناول كل هذه المسائل أمر غير ممكن هنا، لكن ليبق القارئ نظره مركزا على هذه المسائل حتى يظل على مسافة من الخطاب التالي وحتى يتحفظ تجاهه بشكل مستقل.

1 - هناك صعوبة أولى تمس من قريب سؤالنا النقدي الثاني. لقد تحدثنا عن الزوج عقل - علم. وتلك مبالغة في استعمال اللغة. إذ ليس هناك اليوم شيء في العالم يمكن أن نسميه : العلم. والحقيقة أننا عندما نريد أن ندقق في ما نقصد بكلمة علم فإننا نجد أنفسنا أمام عدد لا حصر له من الفروع والتخصصات المتمايزة، ذات الموضوعات المتمايزة، والمناهج الخاصة، التي تتطلب كل واحدة منها تهيؤا وإعدادا خاصة، وعادات فكرية ملائمة وأشكالا أصلية من الإبداع. وحتى في ما يخص العلوم التي تبدو تحت مظهر واحد وتحمل اسما واحدا (الرياضيات مثلا) فإن في أحشائها تنوعا كبيرا وتتطلب أكبر قدر من التخصص حتى تستطيع تحقيق التقدم : فنفس الاستعدادات لا تنفع بالنسبة لرياضي يشتغل في الطوبولوجيا الجبرية وبالنسبة لرياضي يشتغل

حول نظرية الأعداد، فالممارسات الرياضية ليست هي هي بالضبط في كلا الميدانين.

وعلى الرغم من هذه الفروق، فإننا لن نتردد مع ذلك في الحديث عن عقلانية رياضية، أي عن عدد من القواعد التي يلجأ إليها الرياضيون والتي يتفقون على احترامها مهما يكن الميدان الذي يشتغلون فيه. فهم مثلا سيغضبون إذا توصلنا إلى إقناعهم بأن كل خطاطات الاستدلال التي يستعملونها تؤدي إلى نتيجة ضرورية يتضمنها المنطوق اللامعقول التالي: 1=0. وقد نتوقع أنهم سيتخلون آنئذ عن مناهجهم وسيحاولون إنشاء رياضيات أخرى يمكن فيها تجنب مثل هذا النوع من الكارثة. وظرف كهذا الذي ذكرنا كان قد حدث فعلا في بداية هذا القرن بصدد النسق الذي أنشأه غوتلوب فريجة (Gottlob Frege). بدا هذا النسق مقبولا من حيث أن قوانين الحساب كانت مشتقة فقط من المنطق: منطق منشأ بوضوح لهذا الغرض من طرف فريجة، وقدم على أنه منطق لا يمكن تكسيره. في حين أنه لم يكن كذلك. فقد أنشأ برترندا راسل (B. Russel)، ضمن النسق الذي وضعه فريجة، قضية مقبولة داخل هذا النسق ومع ذلك فهي قضية متناقضة. وهذا ما دفع إلى القيام بالعديد من التعديلات بغية إنقاذ التناسق الداخلي للرياضيات. والخلاصة أن الرياضيات تنفر من التناقض الداخلي لدرجة أنها لا تتردد في رفض قضية ما إذا أدت هذه القضية إلى نتائج متناقضة ومناقضة، وذلك في أي ميدان من ميادين الرياضيات. سنتجه إذن إلى القول (ولعلنا لن نكون على خطأ) بأن «السعي إلى تجنب التناقض مطلب عقلي داخلي في الرياضيات». وقد يحدث، من ناحية أخرى (في أي ميدان تشتغل فيه الرياضيات)، أن تمارس الرياضيات استدلالا كالتالي: أريد البرهنة على القضية ق. لنفترض نقيض ق. إذا استطعت استخراج تناقض من عكس القضية، فإنني أعتبر نفسي على يقين من أني قد برهنت على ق (وهو برهان الخلف كما يُسمى، برهان قديم قدم البرهان ذاته). إن الاستراتيجيا تقوم هنا على مبدأ أن نفس القضية لا يمكن أن تكون في نفس الوقت صحيحة وخاطئة وعلى أنه إذا كان نقيض القضية خاطئا، فإن هذه القضية صحيحة. ليس هناك حالة وسط، وهذا هو ما يجعل هذا المبدأ يسمى بمبدأ «الثالث المرفوع». سنميل إذن إلى القول: «إن احترام مبدأ «الثالث المرفوع» مطلب عقلي داخلي في الرياضيات. لنذهب أبعد من ذلك أننا نعرف أنه توجد منذ أكثر من نصف قرن مدرسة من الرياضيين والمناطق ترفض «الثالث المرفوع». ندعو هؤلاء ب «الحدسيين». ومع ذلك فهم لا يرفضون أبدا البرهنة، بل العكس. فمتطلباتهم في هذا الصدد أكثر فظاعة من متطلبات الرياضيين المدعوين بالكلاسيكيين. ففي نظر هؤلاء، لا يمكن أن نقول عن قضية ما إنها قضية صحيحة إلا إذا كان باستطاعتنا أن ننشئ فعلا برهنة عليها. سنقول إذن، إن مطلب إعداد وإنشاء البرهان مطلب عقلي داخلي في الرياضيات الحدسية، وهذا مهما يكن الميدان الرياضي المقصود.

وهكذا فعلى الرغم من التنوع الهائل في الميادين، وحتى في المدارس، فإننا نعتبر أن لدينا الحق في القول بوجود عقلانية رياضية: مطلب ألا نقبل على الأقل سوى المنظومات

المتناسقة من القضايا وعلى الأكثر سوى منظومات القضايا التي تتطلب البرهنة عليها إعدادا وإنشاء المنطوقات. هي منظومة لا أحد ينكر علينا إمكان تسميتها بالعقل الرياضي. ومعنى كل ذلك أن للرياضيين هذه الصفة المشتركة : وهي أنهم يحترمون قواعد منطق معين (كلاسيكي أو حدسي حسب الأحوال). ويتبين أن هذا الشرط شرط أدنى وضئيل.

ماذا سيحدث الآن إذا ما تطرقنا إلى ميادين علمية أخرى غير الرياضيات؟ هل سنستطيع استخراج نوع من العقلانية المشتركة التي تلائمها كلها؟ يبدو لي أن الأمر مشكوك فيه، اللهم إلا إذا سلكنا مسارا اختزاليا، أي إذا اصطنعنا علما نعتبره عقلانيا بصورة واضحة وقسنا بالنسبة إليه درجة عقلانية العلوم الأخرى. هكذا كان الأمر في الماضي (أنظر ديكارت والهندسة). وهكذا هو الأمر الآن بالنسبة لبعض العلماء الذين يضعون قواعد العلم الذي يمارسونه على أنها القواعد الشمولية للعقلانية. ومع كامل الأسف فإننا إذا ما تفحصنا الأشياء عن كثب، فإننا لا نعثر على العلم الذي يمكن أن يكون مرشحا اليوم لممارسة هذه الوظيفة المعيارية الشاملة، ولحيازة الجائزة الأولى للعقلانية. ليس هناك علم، مهما يكن دقيقا، يكفي ليقدم للعلوم الأخرى المناهج التي تلائمها، وليقدم لها معايير الحقيقة (رغم أن هذه العلوم يمكن أن تساعد على إنشائه أحيانا). هذا هو الأمر، مثلا، بالنسبة للعلاقة بين الرياضيات والفيزياء. فنحن نعرف اليوم أن الفيزياء لا يمكن أن تستغني عن الرياضيات. بل إن بعض فروع الفيزياء يمكن تقديمها على هيأة نظريات رياضية، وفي صيغة علم للبديهيات (أنظر مثلا العرض الأكسيوماتي للميكانيكا الكوانتية من طرف فون نيومان J, Von Neumann). لكن هناك فارقا أساسيا بين نظرية رياضية ونظرية فيزيائية. فالنظرية الفيزيائية تتعلق بظواهر لا يمكن أن تبرزها سوى الملاحظة والتجريب (مثلا ظاهرة الانتشار، انتشار الحرارة، واصطدام الجزئيات، الخ). ولذلك فإن التماسك الداخلي (احترام قواعد المنطق) ليس شرطا كافيا لحقيقة منطوقات الفيزياء. وليس حتى من الأكيد أن ذلك شرط ضروري، على الأقل عند مستوى معين من مرحلة الاكتشاف. ليس هناك سبب يجعل الطبيعة تخضع لقواعد منطقنا : إنها أكثر ثراء وأكثر تعقدا من ذلك. ويمكن أن نقول بأن الفيزياء لا يمكن أبدا أن تتقدم إذا لم تبق سوى على الوقائع التجريبية المتلائمة مع النظريات المتداولة. ولن تتقدم أبدا كذلك إذا ما اقتصرت محاولاتها، كما هو الأمر في الرياضيات، على استخلاص نتائج البديهيات بواسطة استعمال قواعد الاستنباط. وهكذا فرغم الاستعمال الضروري الذي يستعمل به الفيزيائيون الرياضيات لحد أنهم يقدمون منظومات قضاياهم، بقدر الامكان، على شكل نظام من البديهيات، فإن الدقة التي تتطلبها قضية في الفيزياء تختلف من حيث الطبيعة عن الدقة التي تلائم نظرية رياضية. والمعيار الأساسي لتمييز حقيقة منطوق فيزيائي هو مطابقته للواقع كما يكشف ذلك التجريب والقياس. ومثل هذه المطابقة هي الشيء المقصود في منطوق القوانين التي تمكن من التنبؤ بما سيحدث فيما بعد لمجموعة شروط أولية معطاة (مثلا اصطدام كرتين من

كرات البليارد نعرف موقعهما وكتلتهما في اللحظة. ت) فإذا كان الفيزيائيون يقتصرون عامة على رصيد الآثار القابلة للحساب، فإن ذلك لا يعني أبدا أن عقلانية الفيزياء هي من نفس نوع عقلانية الرياضيات. وحتى في حالة اقتصارنا على علاقة الرياضيات بالفيزياء، فإنه سيكون من باب الضلال أن نعتبر مثال العقلانية الذي تطمح إليه الرياضيات مثالا نموذجيا ومعياريا.

والحال أنه إذا لم تكن الرياضيات هي العلم المرشح بجد لنيل «الجائزة الأولى للعقلانية»، فإن ذلك لا يعني أن الفيزياء هي المؤهلة لذلك. وهكذا يمكننا أن نردد نفس الدليل، ولو أن الأمر سيكون طويلا ومنفرا : إن عقلانية الفيزياء ليست معيار عقلانية البيولوجيا، التي ليست بدورها معيار عقلانية التاريخ مثلا.

ولنتأن قليلا قبل أن نتطرق لهذه النقطة حول مثال التاريخ والفيزياء. إن المؤرخ الذي يود نقل أشكال العلية (التي هي نفسها غير أكيدة تماما) المستخدمة في الفيزياء إلى ميدانه لن يشعر سوى بأكبر الخيبات. يجب التخلي عن الفائدة الأساسية للعلية : أي أنه في ظل شروط معينة وحدود معينة يمكننا استخدام العلية انطلاقا من التنبؤ. لنفترض أن لدينا حالة قابلة للملاحظة (قابلة للقياس) حالة منظومة في اللحظة ت صفر، فإن من الممكن التنبؤ بحالتها في اللحظة ت = ت + ت، بواسطة تصحيحات وتقريبات. من الممكن، في الفيزياء الكلاسيكية، عزل المنظومة المقصودة. مثلا، إذا كنت ألعب البلياردو في قاعة المقهى (القاعة ثابتة وكذا محيطها المباشر، ولنفترض عدم وجود زلزال مثلا)، فإن ما يحدث في الشارع (اصطدام سيارتين مثلا) لا يؤثر على كرات البلياردو. والأشياء أكثر تعقدا وغير يقينية في الفيزياء الكوانتية حيث يجب أن نأخذ بعين الاعتبار العلاقات التي اكتشفها هيزنبرغ (Heisenberg) سنة 1926 (والتي يدعوها «علاقة عدم اليقين» وهي تسمية غريبة) : فمقدار الدافع والموقع غير قابلين للاستبدال، وهو ما يولد استحالة تحديد أحدهما بالضبط بالنسبة للآخر كما هو الأمر في حالة كرات البليارد. ومن ناحية أخرى، فإن مبدأ قابلية انفصال المنظومات المادية ليس مبدأ محترما دوما. ويبقى أن فيزيائيي الذرة يعرفون كيف «يتوقعون»، ضمن بعض الحدود المفروضة بواسطة علاقة هيزنبرغ، وهذا على الرغم من أن كلمة تنبؤ (أو توقع) بالنسبة لهم لها معنى أكثر عسرا وأكثر إحراجا مما هو في الفيزياء الكلاسيكية.

والحال أنه ليس هناك شرط من بين هذه الشروط المجحفة، التي تمكن في الفيزياء من صياغة قوانين قادرة على القيام بتنبؤات، ليس هناك شرط يمكن أن يصلح للاستخدام في ميدان التاريخ. إن القوانين التي يمكن صياغتها في هذا المجال هي قوانين ميلية ولا تتعلق سوى بميادين جزئية تم عزلها عن طريق القيام بنوع من التجريد، أمثلة : علم الاحصاء السكاني، المنظومات الاقتصادية. لكن المصير التاريخي، المأخوذ ضمن شبكة قصوى من العلاقات التي تشكله، يمكن

حقا وصفه وفهمه وتفسيره جزئيا. ومع ذلك، فإنه سيكون من باب الحمق أن نطرح على مؤرخ ما السؤال التالي : بالنظر إلى العلاقة القائمة بين سلم المؤشرات التي تشكل حالة منظومة اجتماعية في 1980، ماهو إمكان التنبؤ بحالتها في سنة 1985 من خلال دراسة معقولة.

إن مثل هذا المشكل لا يمكن صياغته لأن منطلقه (العلاقة بين سلالم المؤشرات كلها) فارغ من المعنى، وهذا حتى في الحالة التي تكون فيها المنظومة الاجتماعية مختزلة ومحلية مثل مدينة أو حي.

والخلاصة أننا إذا انطلقنا من الزوج (الذي يبدو لنا مشروعا) عقل ـ علم، وإذا أعطينا لكلمة علم مضمونها العقلي، فإنه ليس هناك علم يمكن أن يكون كافيا (اللهم إلا إذا مارسنا عملية اختزالية) في تحديد وتعريف شيء مثل «العقل العلمي» في شموليته.

2 ـ تلك هي الوضعية الحرجة التي نجد أنفسنا فيها تجاه المشكل المطروح علينا : وهو وصف العقل العلمي. ومع ذلك يتعين علينا أن نفلت من هذا الاحراج. للخروج من مثل هذه الوضعية بإمكاننا تبني استراتيجيتين تمثلان أمامنا للوهلة الأولى. إحداهما تقوم على التحويم حول المجالات العلمية المتباينة وعلى محاولة القيام بنوع من التجريد : أي إنشاء بنية سابقة على ممارسة الأنشطة العلمية نفسها، أي بنية يمكن أن تجد في هذه الأنشطة فرصة التحقق العيني لها، عبر عمليات تصويب وإغناء. يمكن أن يظهر أن هذه الاستراتيجيا تفتح الطريق الملكي أمام فلسفة عقلانية للعلوم. وبالفعل، فقد كانت تلك هي الطريق التي سلكها العديد من كبار فلاسفة الماضي، على الرغم من الفروق القائمة بينهم. فالعقل الديكارتي، والذهن الكنطي، والعقل الهيجلي كانت هي تلك البنيات، المقدمة على أنها متلاحمة عضويا مع الفكر، أو على كل حال فهي حاضرة باستمرار في كل عملية معرفة، وبالتالي فهي حاضرة، بأشكال مختلفة، وفي كل علم يمكن إنتاجه في يوم من الأيام. وهيجل وحده من بين هؤلاء الكبار هو الذي أدخلها كدودة في قلب الفاكهة بتمييزه بين الذهن الذي ينشئ تحديدات متجمدة، والعقل الذي يعرض التحول الذاتي للمفهوم، إلى حركة تتجه إلى أن تكتسب باستمرار طابع الشمول. فهو قد سجل عدم الكفاية الملازمة لعلوم الذهن، بالقياس إلى المتطلبات الملحة لتطور المفهوم، الذي، هو وحده، العنصر الذي يشكل، بمعنى دقيق وأساسي، «العلم». لنتذكر هذه اللحظة الهيجلية حيث تتجلى الحرية الكاملة لفعل التفكير، في وعبر المفهوم. فلنؤشر عليه بعلامة بيضاء، ولنحله، موقتا على الأقل، على ما أسميناه منذ لحظة انطلاقنا «فائضا».

أما الاستراتيجيا الثانية فتقوم على مراعاة التنوع الأساسي لمجالات العقلنة، كما تقوم بالتالي على رفض إنتاج البنية الشمولية التي تضم كل هذه المجالات تحت اسم العقل. في هذه الحالة نأخذ بعين الجد المطلب الواحد الذي يخترقها جميعا والذي يمكن التعبير عنه كالتالي:

ضرورة إيجاد مجموعات من المدلولات الصحيحة من داخل كل مجال يمكن أن يكون قابلا للملاحظة. إذا لم يكن بإمكاننا أن نعرف المدلول الصحيح، فإن بإمكاننا على الأقل وصفه على الشكل التالي (ب، ع) وهو زوج تدل فيه ب على القضية والحرف ع على البرهان عليها. ومهما كانت أنماط البرهان متنوعة (برهنة، اختبار، مقاومة اختبارات التكذيب ... إلخ)، فإن إمكانية القيام بها تظل شرطا داخليا لما ندعوه بالصفة العلمية ومعيارا للقبول، وذلك بالقياس إلى العدد اللامحدود من الجمل الممكنة في اللغة، بمقابل تلك التي ينسب إليها مستعملو اللغة المعنية قيمة عقلية بكل ما في الكلمة من معنى. يكون من المهم، من هذه الزاوية، أن نميز معنى ضعيفا لكلمة عقلنة عن معناها القوي. إذا تلفظت بالجملة: «كل القطط فردية العدد»، فإني سأعتبر أحمق، أي خارج دائرة القواعد العادية للتفكير. وإذا ما صحت قائلا: «كل القطط عصافير» فسأعتبر إنسانا غريب الأطوار، أي يستخدم اللغة من أجل أغراض خاصة، بإنتاج قضايا خاطئة لكنها ليست خالية من المعنى. وعلى العكس من ذلك، إذا صحت قائلا «كل القطط ثدييات» فسينظر إلي كإنسان جدي ومهم تعلم التاريخ الطبيعي ويحترم قضاياه. نميز إذن بين ما ليس حقيقيا لكنه غير ذي معنى، وما ليس حقيقيا لكنه ذو معنى، وبين ما هو حقيقي وذو معنى. وربما كان من الملائم أن نبحث فيما ليس حقيقيا لكنه ذو معنى عن مولد ما هو عقلي، بل ربما اكتشفنا فيه استعمالا لحقيقة أقدم من تلك التي هي مستخدمة في العلوم.

إن تفضيل استخدام الاستراتيجيا الثانية هي مسألة موقف فلسفي. وحسب ما إذا كنا مياليين إلى مطلب التوحيد الشمولي أو إلى إبراز القيمة الخاصة للفروق، فإنه يمكننا أن نختار إما الأولى أو الثانية. لكن يجب أن ننتبه إلى أن الاستراتيجيا الثانية لا تحل مسألة الوحدة. لذلك، بدل أن تعالجها من فوق فإنها تحاول استكشاف الأرضية السفلى التي تولدت منها العلوم والعقل، أو بعبارة أحسن، الأشكال المختلفة للعقلانية التي أنتجها الناس عبر تاريخهم والتي لا يمكن أن تتصور أن العقلانية التي نستمتع بها اليوم هي العقلانية الأخيرة والممكنة وحدها. كما أن من اللازم أيضا أن نتذكر أن الفلاسفة الكبار - باستثناء هيجل - في العصور الحديثة قد عثروا على طريق التوحيد العقلي بمنحهم امتيازا أساسيا لاحدى «العلوم الكبرى» في عصرهم «الهندسة عند ديكارت، الحساب اللامتناهي الصغر والمنطق عند ليبنتز، الرياضيات والفيزياء النيوتونيان عند كنط). ويبدو أن التقليد جرى على البحث عن نقطة ثابتة. وعن مركز رؤية يمكن انطلاقا منه إعادة صياغة، وموقعة، وتأسيس صرح المعرفة الممكن بالنسبة لكائن مفكر، وذلك بالاشتغال على معايير علم أساسي، وقد أضفى عليها طابع مثالي. ومهما كانت هذه الفلسفات ذات قيمة في أيامها ومهما ظلت حية اليوم فإننا لا نستطيع إعادة عبور نفس المسار بكل بساطة. إننا لا نعثر اليوم في مجال المعارف على نقطة ثابتة، يمكن اعتبارها جذرا. لا أحد من هذه المجالات يقدم نفسه كمركز مشروع للقيام بمهمة النموذج الشمولي. لهذا السبب يتجه اختياري إلى

الاستراتيجيا الثانية من الاستراتيجيات المقترحة : البحث عن طريق الوحدة من الأسفل بالحفر في ما تحت السطح.

وما تحت السطح يفهم بمعنيين. أولا الأفق الثقافي التاريخي أي المكون من الطبقات الثقافية المتناضد بعضها فوق البعض. هكذا نجد وراء كوبرنيك مثلا، أرسطو وبطليموس، وهما حاضران معا في بحوثه. ففيهما بالدرجة الأولى، وبالنسبة إليهما، عثر كوبرنيك على مجال المشاكل التي قادته إلى تخيل فرضية حركة الأرض، وبالنسبة إليهما وفق في استخلاص النتائج المتعلقة بحركة الكواكب المكونة للمنظومة الشمسية. ونفس الأمر بالنسبة لغاليلية: فقد وجد قبله وتحت تصرفه تركيبة ثقافية معقدة ومتأزمة جزئيا، تضم أرسطو وكوبرنيك (وبالتالي بطيلموس)، وأفلاطون، وأرخميدس، وأقليديس (وذلك دون أن نشير إلى أسلافه المباشرين). برجوع غاليليه إلى هذا المجال، وبتعديله بصورة جدالية، تعلم أن يصوغ المشاكل المطروحة في اتجاه ضرورة إنشاء نظرية للحركة ونظرية كوبرنيكية لتشكل السماوات هكذا. بعودته إلى هذا المجال الثقافي استطاع تهيئة الأساليب والمصطلحات الخاصة التي ستمكنه من نشر مذهبه؛ أي التي ستمكن معاصريه بدورهم من القيام بإجراءات المعنى المتضمنة فيه. مثلا: الأسلوب البرهاني الاقليدي في اليوم الثالث من «أحاديث وبراهين تتعلق بعلمين جديدين» التي هي مدونته حول الحركة المتسارعة بانتظام وبدون انتظام. مثال ثان: الأسلوب البطليمي في «مدونة حول المنظومتين الرئيسيتين للعالم» حيث لا يتردد الجمع البارع بين دقة العالم الهندسي والبلاغة المعتدة للمبشر الموقن مما يفعل.

قد يرد علي بديكارت الذي حاول - باعترافه - أن يمسح كل المعرفة المتشكلة قبله وألا يهتدي إلا بالنور الطبيعي وحده. هذا أمر حقيقي. لكن، أليس من الملائم أن نأخذ هذه الآراء بنوع من الابتسام. إن ديكارت لم يتجاوب فقط مع ما هو تقليدي، بل كان عليه أن يستعمل المصطلحات التقليدية، وأن يعيد استعمال بعض مفاهيم التقليد (إعادة الاستعمال هنا تعني التفكير تفكيرا جديدا داخل ميدان معرفي آخر، مثلا: علة - جوهر - نمط - لا نهائي - واقع صوري - واقع موضوعي). وحتى «إصلاحه» للرياضيات يرتبط بشبكة معرفية منحدرة من الماضي لكنها مع ذلك ما تزال حية، أي غنية بالمشاكل (أقليدس - أرخميدس - أبولونيوس - فييت (Viete) - حتى نكتفي بهؤلاء). والخلاصة أنه قام - باعترافه - بصهر «جبر المحدثين وتحليل القدماء» معا والتفكير فيهما معا.

بقيت اللغة التي لم يستطع أن يشك فيها، ولم يستطع الاستغناء عنها في الاستعمال: فهي الأرضية المشتركة بينه وبين الآخرين والتي تمر عبرها بالضرورة المناداة بالنور الطبيعي ويقظته لدى الآخرين، وهي الشرط الأدنى لكل فكر يبحث عن طرق التعبير التواصلي وطرق التعرف الشمولي.

وهذا يوصلنا إلى المعنى الثاني لما تحت السطح. هذا المعنى يقدمه إلينا استعمال اللغة كأداة للتواصل خاصة بمجموعة بشرية معينة. هذا الاستعمال يقدم لمستعملي اللغة المعنية معلومات من ثلاثة أنواع. معلومات تتعلق بالأشياء، وتقصد بالأشياء هنا كائنات غير حية (أحجار، قطع خشب الخ) وكائنات حية الكلاب، خيل ... الخ وأشياء مصنوعة (المحراث، القوس، الفأس ... الخ). أما المعلومات الأخرى فتتعلق بخصائص ملائمة للأشياء: صلابة الحصاة، طراوة أو يبوسة قطعة الخشب ... الخ. أما المعلومات الأخرى فتخص المعارف العلمية، وأشكال التصرف والسلوك (أمثلة: قطع الخشب، الطبخ، لبس الثياب، أكل ... الخ). وهي تهم في نفس الوقت أسماء الأشخاص الذين ينجزون هذه الأنشطة (مثلا: خزفي، صياد، فلاح ... الخ). وبإيجاز فإن استخدام اللغة يكون خلال عملية التبادل بمثابة عملية تمييز تمارس في نفس الوقت تجاه المجموعة البشرية وتجاه المحيط. وهي عملية تغربل هذا المحيط وتصنف عناصره، مبوبة إياها في أنساق من الموضوعات ومن الخصائص ومن الأفعال. تتنظم هذه الأنساق ذاتها في كلية، وتحدد وتحصر داخلها الأشكال المختلفة لاستقرار المجموعة البشرية ضمن محيطها. وفقط بواسطة عملية إضفاء الطابع الكلي هذه، تتعرف الجماعة على ذاتها في محيطها كما لو كانت في عالم يترابط فيه، باستمرار، الثالوث: أشياء - خصائص - أفعال ضمن سيرورة لا نهاية لها. لذلك فإننا لن نتردد في أن نتعرف في ذلك على شكل متجذر من العقلنة، منتجة في وخلال استعمال اللغة. هكذا تنتظم، وتتمايز وتستقر المقولات الدلالية التي يوفر استعمالها القدرة على التحكم في «العالم». وتنتظم المعطيات المتعلقة بالصفات المكانية للأشياء (القريب، البعيد، الأعلى والأدنى)، وكذا تحمل المسؤولية الاجتماعية للخصائص الزمنية لهذا العالم (زمن الميلاد، زمن الموت، زمن زرع الحبوب، زمن جمع المحاصيل)، وعبر هذا التنظيم الزمني يتم تحديد الوتائر والدورات، والتعرف على دورات الفصول المقننة في اليومية الزمنية (Le calendrier) ...

وهكذا تتشكل مجموعة من الخطابات المتعلقة بالأشياء والمجتمع والعالم وبالعلاقات القائمة بينها، مجموعة خطابات ناتجة عن التبادل وعن تنظيم المجالات المختلفة للممارسة الاجتماعية وهي خطابات تحكمها وتنظمها العلاقة بين الوحدات الدلالية التي تخلقها اللغة خلال استعمالاتها المختلفة.

هناك شيء آخر: إن نظاما تواصليا لسانيا ما لا يقيم استعماله إلا ضمن لغة محددة. ليس هناك لغة لا تتضمن معاييرها النحوية. وكل مجموعات الأصوات التي يمكن أن يتلفظ بها الجهاز الصوتي لا يتم قبولها بنفس الدرجة من طرف اللغة لكي تؤدي وظيفة الدلالة. بعض الأصوات فقط هي التي يمكنها أن تميز وحدات المعنى التي ندعوها بالكلمات. أما المجموعات الاعتباطية من الكلمات فلا تشكل بالضرورة جملا يعترف مستعملو اللغة بأنها تقدم لهم معلومات. وما يتم الاحتفاظ به والنطق به هو فقط مجموعات الكلمات الملائمة لبنية اللغة، هذه

البنية المتشكلة سلفا، والتي تكون كل ذات متكملة قد تمثلت وتشربت قواعدها خلال السنوات الأولى من الحياة. هكذا تتم معاناة العقلنة الملازمة لنسق اللغة كمجموعة من المعايير الطبيعية يضطر للتكيف معها كل فرد من أفراد الجماعة وذلك حتى يكون بالامكان توزيع القدرة المعرفية الملازمة للوحدات الدالة، ومن خلالها انتظام واستمرار العالم المشترك. وهكذا تنتظم بنية ضمنية وعمياء حول القدرة المعرفية البارزة للكلمات. على هذه الصورة تبدو العقلنة المتجذرة التي تفتح أمام الجماعة البشرية إمكانية السيادة على العالم المحيط. أنها بالأساس معان طبيعية تنظمها بنية نظمية (Syntaxe) متجذرة. وذلك أيضا هو المعنى الثاني لما دعوناه بما تحت السطح.

3 ـ لنستعد ما قلناه. كان علينا أن نتحدث عن العقل في العلوم، فوجدنا أنفسنا أمام عدد غير مترابط من مجالات العقلنة الخصوصية. ومع ذلك كان من المطروح الكشف فيها عن شيء يعمل في قلب هذه المجالات، شيء يكون لدينا الحق في أن نسميه العقل. لقد كان علينا أن نتخلى عن محاولة تحديد منظومة من المعايير الصالحة في كل مجال. كما تخلينا أيضا عن محاولة البحث من فوق عن مبدأ أو مجموعة مبادئ (مقولات أو لنسمها ما نشاء) تميز ما يقال عنه إنه فكر عقلي. هل نعرف الآن أين يجب أن نبحث؟ يبدو لنا ذلك ممكنا وذلك بقدر ما نمسك بصرامة بنقطة ترابط شكلي ما تحت السطح الذي تعرفنا عليه إمساكا جيدا.

الشكل الأول هو أفق تراتب الدلالات الثقافية التي أضفى عليها طابع تقليدي. والثاني هو أفق المعاني القابلة للتحقق تبعا لمتطلبات وإمكانيات التسمية الخاصة بلغة طبيعية معينة.

إن العلاقة المتحركة بين هذين الأفقين هي الميدان الذي يتشكل فيه، بالنسبة لمجتمع من المجتمعات، المجال المفتوح والمعروض تاريخيا لعقلانيته الراسخة. وبالنسبة لنا اليوم، هل يتعين علينا الإحجام، وهل يتعين علينا أن نقول بأن هذين الأفقين تائهان في ليل الزمن وقد أبيدا إلى الأبد، بالقياس إلى الأشكال الكثيفة والمتمايزة من العقلانية العلمية؟ أبدا. إن العقلانية الطبيعية التي تقطن اللغة المشتركة والتي تتعلق بالعالم، ما تزال قائمة وحاضرة بجانب المعارف، وهي تمارس، بالنسبة لهذه المعارف، نوعا من الطلب وتطرح تساؤلا. يلعب هذا المطلب دور الوحدة من حيث إنه يحرج المعارف المتشكلة في لغتها الخاصة بمساءلتها عم تتحدث. «عم تتحدثين بالضبط؟ هل يمكنك أن توافقي على أن تقوليه لي بحيث يمكنني أن أربطه بمتطلبات عقلي المشترك وأن أتعلم كيف أتكيف معه؟» تلك هي المسألة التي تخترق كل المعارف، بدرجات متفاوتة من حيث الأعداد «ما مصدر هذا الذي تعتبرينه معرفة؟ هل يمكنك أن تبرزي لي دوافعه وتبرري لي غاياته بحيث يمكنني عند الحاجة أن أتبناه وأن أجد فيه مبتغاي حسب متطلبات عقلانيتي المتجذرة والقديمة؟». تلك هي المسألة التي ما فتئت تنبثق اليوم من قلب متطلبات اللغة المشتركة.

إن طرح مثل هذه الأسئلة هي إحدى المهام الأساسية المطروحة اليوم على ما يمكن أن ندعوه «فلسفة». إذا كان من الضروري أن توجد في يوم من الأيام حركة عقلية للفكر، فمنها وحدها يجب أن ننظر الوحدة التي ستأخذ اسم «التملك». هذا أيضا هو «الفائض» الذي يدفع

العقل إلى المساءلة وإلى البحث عن الجذر، وذلك من حيث إن الفائض يقطن العقل الطبيعي. والحال أن على العقل أن يبتدع ـ في هذه الحركة ـ لغته. ولهذا فقد أشرنا بعلامة بيضاء على ظهور هذا «الفائض»: السلبي والمفهوم، «الفائض» الذي ترقد قدراته وإمكانياته دوما في اللغات التي تنشأ ضمنها، نقول ذلك دون أن نكون أبدا هيجليين.

Jean - Toussaint Desanti, "**la raison scientifique**" *in* Philosopher, Fayard 1980 p.p 353 - 363.

# 2 . ابيستيمولوجيا الرياضة

## 1.2 . رِسَالَةٌ فِي مَا أَشْكَلَ مِنْ مُصَادَرَاتِ كِتَابِ أَقْلِيدس

أبو الفَتح عُمَر بن إبرَاهِيم الخيّامي

### ثلث مقالات

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله ولي الرحمة والانعام وسلم على عباده الذين اصطفى وخصوصا على سيد الأنبياء محمد وآله الطاهرين أجمعين.

إن تحقيق العلوم وتحصيلها بالبراهين الحقيقية مما يفترض على طالب النجاة والسعادة الأبدية؛ وخصوصا الكليات والقوانين التي يتوصل بها إلى تحقيق المعاد وإثبات النفس وبقايها وتحصيل أوصاف واجب الوجود تعالى جده والملايكة وترتيب الخلق وإثبات النبوة والسيد المطاع بين الخلق الآمر والناهي إياهم بإذن الله تعالى بحسب طاقة الانسان. وأما الجزئيات فغير مضبوطة وأسبابها غير متناهية، فلا تحيط بها هذه العقول المخلوقة أصلا، وليس يعرف منها إلا ما يقتنص بالحس والتخيل والوهم.

والجزء من الحكمة الموسوم بالرياضي أسهل أجزائها إدراكا ـ تصورا وتصديقا معا. أما العددي منه فأمر ظاهر جدا، وأما الهندسي فلا يكاد يخفى منه شيء آيضا على السليم الفطرة الثاقب الرأي الجيد الحدس. وهذا الجزء من بين أجزاء الحكمة له منفعة الرياضة وتشحيذ الخاطر وتعويد النفس الاشمئزاز عما لا يكون عليه برهان، وذلك لقرب مأخذه وسهولة براهينه ومعاونة التخيل العقل فيه وقلة خلاف الوهم إياه.

ومعلوم من كتاب «البرهان» من علم المنطق أن كل صناعة برهانية لها موضوع يُبحث

فيها عن أعراضه الذاتية وغيرها، ومقدمات فيها مآخذ براهينها - إما أولية، كالكل أعظم من الجزء، وإما متبرهنة في صناعة أخرى، وإما مصادرات. وليس إثبات واحد من هذه على تلك الصناعة أصلا، لكن التعريف لموضوعها ولتلك المقدمات فعليها. ثم إن الصناعة وإن لم يمكنها تحديد موضوعها وأوضاعها تحديدا حقيقيا، فلها أن ترسّمها ترسيما شافيا. هذه المعاني مبسوطة جدا في كتاب «البرهان» من صناعة المنطق. فليطلب من هناك.

وإني لم أزل شديد الحرص على تصفح صدور هذه العلوم وتحقيقها وتمييز أجزائها بعضها من بعض، وخصوصا كتاب «الأصول» في الهندسة، فإنها أصل جميع الرياضيات، ومباديها مبادي جميعها. فأما النقطة والخط والسطح والزاوية والدايرة والاستقامة في الخط وفي السطح وغير ذلك من مباديها، فيتولى إثباتها وتحديدها الحقيقي صاحب العلم الكلي من الحكمة. وكذلك مقدماتها التي هي غير أولية، مثل انقسام المقادير إلى ما لا نهاية له، وأن يوتى من كل نقطة مفروضة إلى كل نقطة أخرى بخط مستقيم، وغيرهما من المقدمات المذكورة التي لا تسلم إلا بالبرهان، فعلى الحكيم أيضا. وأما المصادرات، مثل المربع والمخمس والمثلث وغيرهما، فقد أتى بها صاحب الكتاب في الصدر لتعريف الاسم لا غير، وسيثبت هو إياها ويبرهن عليها في أثنا كتابه.

وقد أتى بمصادرة عظيمة ولم يبرهن عليها، وهي قوله إن كل خطين مستقيمين يقطعان خطا مستقيما على نقطتين خارجيتين منه في جهة واحدة على الأقل من زاويتين قائمتين، فإنهما يلتقيان في تلك الجهة؛ بل أخذها مسلمة. وهذه مسئلة هندسية لا يتبرهن إلا فيها أصلا، فهي لازمة للمهندس شآ أم أبى، وليس له أن يبني عليها شيئا إلاّ بعد البيان.

ثم إني شاهدت جماعة من متصفحي كتابه وحالّي شكوكه لم يتعرّضوا لهذا المعنى أصلا لصعوبته، مثل إيرن وأطوقس من المتقدّمين. وأما المتأخرون فقد مدّت منهم جماعة أيديهم إلى البرهان عليها، مثل الخازن والشنى والنيريزي وغيرهم، فلم يتأت لواحد منهم برهان نقي؛ بل كل واحد منهم صادر على أمر ليس تسليمه بأسهل من هذا. ولولا كثرة نسخ تلك الكتب وكثرة مزاوليها والناظرين فيها لكنت أوردها هاهنا وأبين وجه المصادرة والغلط. على أن تعرّف ذلك من مسطوراتهم أمر سهل جدا.

وقد شاهدت كتابا لأبي علي بن الهيثم رحمه الله موسوما بـ «حل شكوك المقالة الأولى»، فلم أشك أنه قد تصدّى لهذه المقدّمة وبرهن عليها. فما تصفحته مبتهجا به صادفت المصنف قد قصد أن تكون هذه المصادرة في صدر المقالة من جملة سائر المبادئ من غير احتياج إلى برهان؛ وتكلف في ذلك تكلفا خارجا عن الاعتدال، وغيّر حدود المتوازيات، وفعل أشياء عجيبة كلها خارجة عن نفس الصناعة. منها أنه قال إذا تحرك خط مستقيم قايم على خط آخر، ويكون قيامه محفوظا على ذلك الخط في حركته، فإنه يفعل بطرفه الآخر خطا مستقيما، فإن الخط

الحادث موازٍ للخط الساكن. ثم يأخذ هذين الخطين ويلويهما ويحركهما ويعتبر فيهما عدة اعتبارات كلها خارجة حتى يصحّ له في الصدر هذه المقدمة بعد ارتكاب هذه المصاعب والمنكرات.

وهذا كلام لا نسبة له إلى الهندسة أصلا من وجوه. منها أنه كيف يتحرك الخط على الخطين مع انحفاظ القيام، وأي برهان على أن هذا يمكن؟ ومنها أنه أيّة نسبة بين الهندسة والحركة، وما معنى الحركة؟ ومنها أنه قد بان عند المحققين أن الخط عرض لا يجوز أن يكون إلا في سطح، ذلك السطح في جسم، أو يكون نفسه في جسم من غير تقدم سطح ؛ فكيف يجوز عليه الحركة مجردا عن موضوعه؟ ومنها أن الخط كيف يحصل عن حركة النقطة وهو قبل النقطة بالذات والوجود؟

ولقايل أن يقول إن أقليدس قد حد الكرة في صدر المقالة الحادية عشر بشيء من هذا القبيل، وهو قوله: الكرة حادثة من إدارة نصف دايرة إلى أن يعود إلى المبتدا. فنجيب ونقول إن الرسم الحقيقي الظاهر للكرة معلوم، وهو أنه شكل مجسّم يحيط به سطح واحد في داخله نقطة كل الخطوط المستقيمة الخارجة منها إلى السطح المحيط متساوية. وأقليدس عدل عن هذا الرسم إلى ما قال مجازفة ومساهلة. فإنه في هذه المقالات التي يذكر فيها المجسمات تساهل جدا تعويلا منه على تدرب المتعلم عند وصوله إليها. ولو كان لهذا الترسيم معنى، لكان يُحدّ الدايرة بأن يقال إن الدايرة هي شكل مسطح حادث عن إدارة خط مستقيم في سطح مستو بحيث يثبت أحد طرفيه في موضعه وينتهي الآخر إلى مبتدا الحركة. فلما عُدل عن هذا النوع من الترسيم لمكان الحركة وأخذ ما ليس له مدخل في الصناعة مبدا فيها، لزمنا أن نقفو آثارهم ولا نخالف الأصول البرهانية والدستورات الكلية المذكورة في كتب المنطق.

ثم ليس تحديد أقليدس للكرة مثل تحديد هذا الرجل. وذلك أن أقليدس عرّف شيا ما بوجه غير مرض، وذلك الشي معلوم من عدة وجوه أخر. وتعريفه المذموم لا يصير مقدّمة لأمر عظيم الشان، بل يعدل عن تعريفه إلى تعريف آخر أحسن منه. وهذا الرجل قد اجتهد في هذا النوع من التعريف المنكر أن يصيّره مقدّمة لإثبات أمر لا يكاد يثبت إلا بالبرهان. فبين الرجلين في التعريفين فرق. هذا الشك في صدر المقالة الأولى.

وأما الشك الذي هو صدر المقالة الخامسة، فهو حيث ذكر النسبة وعوارضها وذكر التناسب وأحواله. وليس للتناسب حقيقة على وجه هندسي معلومة ـ كما سنذكره في المقالة الثانية من هذه الرسالة. ولم نجد أحدا من المتقدمين والمتأخرين تكلم في معنى التناسب وتحقيقه كلاما شافيا فلسفيا. وقد وجدت شيا منسوبا إلى أبي العباس النيريزي تكلم في معنى النسبة والتناسب وأطنب؛ وكنت أظنه كافيا؛ غير أنه لما تصفحته وتأملته كان محتاجا إلى عدة مقدمات قد ألغاها ولم يذكرها؛ وكان مبتورا أيضا ـ اللهم إلا أن وقع الخلل من جهة الوراق. وسنذكرها إن شاء الله.

وقد صادر في صدر هذه المقالة أيضا على شيء من النسبة المولفة من غير برهان، وهو قوله: كل ثلثة مقادير فإن نسبة الأول إلى الثالث مولفة من نسبة الأول إلى الثاني ومن نسبة الثاني إلى الثالث.

ولما رأيت الخلل في هذه المواضع الثلثة غير مستدرك مصلح حق الإصلاح، سمت همتي إلى إصلاحها. والآن فقد سألت الله تعالى الخيرة والتسهيل واستوفقته واعتصمت بحبله وجمعت هذه الرسالة وجعلتها ثلث مقالات:

الأولى منها في المتوازيات وحل الشبهة فيها؛

الثانية في حقيقة النسبة المقدارية والتناسب المقداري؛

الثالثة في النسبة المؤلفة وما يتعلق بها.

والله المستعان على كل حال وإليه المفزع وهو حسبنا ونعم المعين.

عمر الخيام، *رسالة في شرح ما أشكل من مصادرات كتاب أقليدس*

تحقيق عبد الحميد صبره، دار المعارف، 1961، ص ص 3 - 10.

## 2.2 . الأوّليّات مُواضعةٌ واتّفاقٌ

### هـ. بوانكارِي

لا يعتبر معظم الرياضيين هندسة (لوبا تشيفسكي) إلا طرافة منطقية. ومع ذلك فقد ذهب بعضهم أبعد من هذا الاعتبار. فبما أنه يمكن إقامة هندسات متعددة، فهل يبقى من الأكيد أن هندستنا هي أصدق الهندسات؟. ما من شك في أن التجربة تُعلّمنا أن مجموع زوايا المثلث يساوي قائمتين. ولكن ذلك لم يكن ممكنا إلا لأننا نطبق نظريتنا على مثلثات صغيرة المساحة. وذلك المجموع في نظر (لوبا تشيفسكي) يتناسب مع مساحة المثلث. أفلا يمكن أن يصبح ذلك الاختلاف بينه وبين (أقليدس) أكثر وضوحا إذا ما طبقنا نظريتنا على مثلثات كبيرة المساحة وإذا ما كانت قياساتنا أكثر دقة؟ وحينئذ لن تكون الهندسات الاقليدية إلا هندسات مؤقتة.

وعلينا، لمناقشة هذا الرأي، أن نتساءل، في البداية عن طبيعة الأوليات الرياضية، أهي أحكام تركيبية قبلية كما قال (كنط)؟

إنها لو كانت كذلك لفرضت نفسها علينا لدرجة لا يمكننا معها أن نتصور قضيتها العكسية فنقيم عليها نسقا نظريا، وبالتالي فلن تكون هناك هندسات لا أقليدية. (......).

ولكنّ صُعوبة تظل قائمة وليس من السهل قهرها، فإذا كانت الهندسة علما تجريبيا فهي لن تكون علما مضبوطا. وستخضع بالتالي لمراجعة وفحص مستمرين (......).

فهل بإمكاننا أن نستنتج من ذلك أن الأوليات الهندسية هي حقائق تجريبية؟ ولكننا لا يمكننا أن نفحص المستقيمات والدوائر فحصا تجريبيا. إذ لا يمكننا أن نقوم بذلك الفحص إلا على موضوعات مادية. فعلى أي شيء تقوم التجارب التي ستكون أساسا للهندسة؟ ليس الجواب على ذلك بالأمر العسير [...].

إن الأوليات الهندسية ليست هي بالأحكام التركيبية القبلية ولا بالواقائع التجريبية. إنها مجرد اتفاقات. وإن اختيارنا لاتفاق معين من بين المواضعات الممكنة يخضع لمقتضيات الوقائع التجريبية ولكنه يظل اختيارا حرًا لا تحدّه الا ضرورة تجنب الوقوع في التناقض. وهكذا فإن الموضوعات تظل صادقة حتى ما إذا كانت القوانين التجريبية التي حددت اختيارها مجرد قوانين تقريبية.

وبعبارة أخرى فإن أوليات الهندسة ما هي إلا تعاريف مقنّعة.

وحينئذ كيف نجيب على سؤالنا : هل الهندسة الاقليدية هندسة صادقة؟

إنه سؤال لا معنى له.

إن من يطرح ذلك السؤال كذلك يتساءل عما إذا كان النظام المتري صادقا أو اما إذا كانت أنظمة القياس العتيقة خاطئة. أو كذلك الذي يتساءل عما إذا كانت الإحداثيات الديكارتية صحيحة والاحداثيات القطبية كاذبة. إن هندسة ما لا يمكنها أن تكون أصدق من أخرى، وأنها لا تكون إلا الأكثر ملاءمة.

H.Poincaré, **La science et l'hypothèse** Flammarion, 1968, p.p 74 - 76.

## 3. 2. الاستِقراءُ الرّيَاضِي

**هـ. بوانكَارِي**

تلك الطريقة هي البرهان بالتراجع، وهي تقتضي أن نثبت في البداية نظرية بالنسبة لـ ن = 1 ثم نبين فيما بعد أنه إذا كانت النظرية صادقة بالنسبة لـ ن - 1 فإنها تكون كذلك بالنسبة لـ ن. ونستنتج من ذلك أنها صادقة بالنسبة لجميع الأعداد الصحيحة (...). إن القاعدة التي يعتدمها البرهان التراجعي لا يمكن أن تؤول إلى مبدأ التناقض. كما أنها لا يمكن أن تصدر عن تجربة. إن ما باستطاعة التجربة أن تعطينا إياه هو أن القاعدة صادقة بالنسبة للأعداد العشر الأول أو للمائة، وهي لا تستطيع أن تمتد إلى السلسلة اللامتناهية للأعداد، وإنما هي لا تتعدى جزءا من تلك السلسلة قد يطول وقد يقصر ولكنه يكون دائما جزءا محدودا.

ولو أن الأمر كان يقتصر على ذلك لكان مبدأ التناقض كافيا : فهو يسمح لنا دوما بأن

نقوم بالقياس مقدار ما نشاء. ولكن عندما يتعلق الأمر بحصر ما لا نهاية له من الأعداد ضمن صيغة واحدة فإن ذلك المبدأ يصبح عاجزا، وهو لا يصبح كذلك إلا أمام اللانهائية العددية وكذلك فإن التجربة هي الأخرى تصبح عاجزة أمام هذه اللانهائية. وإن تلك القاعدة التي يستطيع البرهان التحليلي أو التجربة إثباتها هي النموذج الحقيقي للحكم التركيبي القبلي. ولا يمكننا من الناحية الأخرى أن نعتقد أن الأمر يتعلق باتفاق ومواضعة كما لو كان من موضوعات الهندسة.

فلِمَ يفرضُ هذا الحكم نفسه علينا بهذا الوضوح القاهر؟ ذلك لأنه ليس إلا اثباتا لقوة العقل الذي يدرك قدرته على تصور التكرار اللامحدود اللانهائي لنفس الفعل، وذلك بمجرد ما يكون هذا الفعل ممكنا. فالعقل، بفضل هذه القدرة يقوم بحدس مباشر. والتجربة لا تكون بالنسبة إليه إلا فرصة لاستخدام ذلك الحدس والشعور به (...).

ولا يسعنا هنا أن ننكر أن هناك تماثلا بيّنا مع الطرق المتداولة للاستقراء. ولكن فرقا أساسيا يظل قائما بينهما. فالاستقراء الذي يطبق في العلوم الطبيعية، هو دوما استقراء غير مضبوط لأنه يقوم على الاعتقاد في وجود نظام كوني عام خارج عنا. وعلى العكس من ذلك فإن الاستقراء الرياضي - أي البرهان بالتراجع - يفرض نفسه ضرورة لأنه ليس الا اثباتا لخاصية العقل ذاته.

H. Poincaré, **La science et l'hypothèse.** Paris, Flammarion, 1968, p.p 38 - 41 - 42.

## 4.2 . عُيُوبُ النّسَق الإقْلِيدِي

**ر. بلانْشِي**

ظلت الهندسة التقليدية، في الشكل الذي أعطاه إياها (اقليدس) في كتابه «المبادئ» نموذجا من النظريات الاستنباطية لا يمكن تجاوزه وتصعب محاكاته. فالالفاظ الخاصة بكل نظرية في هذه الهندسة لا تستعمل إلا بعد تعريفها، والقضايا لا تقبل إلا إذا بُرْهن على صحتها، باستثناء عدد قليل من القضايا التي تُقبل على أنها أوليات، وذلك لأن البرهان لا يمكنه أن يتراجع إلى ما لا نهاية له بل يجب أن يعتمد على بعض القضايا الأولية. ولكن تلك القضايا قد اختيرت بحيث لا يرتاب الشك فيها أي ذهن خالص. وبالرغم من أن ما تُثبته النظريات في هذه الهندسة لا يتعارض مع الواقع التجريبي فإن التجربة لا تعتمد قط كبرهان؛ فعالم الهندسة لا يتبع إلا البرهان العقلي وهو لا يقيم حججه إلا على ما سبق أن أثبته معتمدا في ذلك على القواعد المنطقية وحدها. وهكذا ترتبط كل نظرية ضروريا بالقضايا التي نتجت عنها تلك النظرية. بحيث يتكون لدينا، شيئا فشيئا، نسق متماسك تتصل فيه كل القضايا فيما بينها، إنْ مباشرة أو بشكل غير

مباشر. ويشكل الكل نسقا لا يمكن حذف جزء منه أو تغييره دون الخلل بالكل ذاته. لذا قال (لايبنتز): «قد استعمل الاغريق في برهانهم الرياضي كل دقة ممكنة، فخلفوا للجنس البشري نماذج تُحتذى في فن البرهان». فلم تعد الهندسة، عندهم جمعا بين نتائج عملية، أو بعبارة أفضل لم تعد أقوالا تقوم على التجربة بل أصبحت علما عقليا (...).

ومع هذا، فقد ظهر شيئا فشيئا، أن الهندسة الاقليدية، إن كانت قد ظلت زمنا طويلا أتم نموذج يمكن إعطاؤه عن النظرية الاستنباطية، فإن الشكل المنطقي الذي تقوم عليه لم يكن ليفلت من العيوب. ولقد اتضحت هذه العيوب منذ زمن باكر. ولكن لم تدرك الهوة التي كانت تقوم بين الهندسة الاقليدية وبين نظرية استنباطية نموذجية إلا في القرن التاسع عشر. فمما يميز الرياضيات منذ ذلك العهد، تزايد مفاجئ نحو الاهتمام بالدقة المنطقية الجديدة، كشف عن عيوب عديدة. وقد حاول البعض إصلاح تلك العيوب فكان نتيجة لذلك، وضع هذه النظرية على ضوء علم المبادئ. وإن علم المبادئ الذي كان وليد تأمل في الاستنباط الهندسي قد انفصل عن هذا المحتوى الهندسي، نتيجة لطابعه المنطقي الصوري، فأصبح قابلا لأن يطبق على أية نظرية استنباطية. فعلم المبادئ إذن هو الشكل النهائي الذي تتخذه اليوم أية نظرية استنباطية. وإننا لا نقصد هنا ذلك النّسق الوهمي الذي كان يحلم به (باسكال) والذي يتعلق بعقول تفوق العقول البشرية حيث تعرف فيه جميع الألفاظ وتبرهن فيه جميع القضايا ولكننا نقصد نسقا نعيّن فيه الألفاظ اللامعرفة والقضايا التي يبرهن عليها، تلك القضايا التي توضع كمجرد فرضيات يمكن أن نستنتج منها قضايا النسق المنطقي وذلك حسب قواعد منطقية محددة أتم التحديد.

R. Blanché, l'axiomatique P.U.F. 1967, p.p 1 - 3.

## 5. 2 . مفهُــوم البَديهيّة

### ج. أولمُو

بإمكاننا أن نعطي صورة موجزة عن تطور مفهوم الحقيقة في ما كان يبدو تقليدا ميدانها المفضل، أعني الرياضيات، وذلك بوصف تحولات البديهية l'axiome. ففي بداية القرن الماضي كانت البديهية تؤخذ على أنها حقيقة واضحة ضرورية بذاتها ليست في حاجة إلى أن تؤسس وتدعم، وهي ستقوم أساسا لاستنباط يأخذ منها خاصية الضرورة فيولد حقيقة مطلقة.

وقتها كانت الموضوعة تتميز عن البديهية من حيث إن الموضوعية لم تكن لتتمتع بالبداهة وهي لم تكن إلا افتراضا. وقد أمكن وضع الهندسات الاقليدية بإلغاء الفرض الذي كانت تفرضه موضوعة اقليديس ووضع افتراضات أخرى مكانه. وقد تبين علماء الهندسة بفضل ما حققه

ذلك من نجاح، ان بأمكانهم وضع هندسات أخرى جديدة بإلغاء بعض موضوعات اقليدس التي كانت في ذلك الوقت تؤخذ على أنها بديهيات وهكذا بدا أن جميع البديهيات يمكن أن يعاد فيها النظر واختلطت البديهيات بالموضوعات ولم تعد هناك الامنظومة من الفرضيات لم نعد نشترط فيها أن تكون بديهية، وإنما فحسب الاتنافر مع بعضها بعض أي الا تؤدي النتائج المتمخضة عنها إلى عبارات متناقضة. ذلك هو مبدأ التوافق الداخلي فقد أخلت الحقيقة اللامشروطة المستخلصة من البداهة المكان للحقيقة المشروطة التي تتولد عن منظومة فرضية استنباطية.

وحينما ظهرت الصياغة الأكسيومية خطت القضية خطوة أخرى نحو الأمام. ففي المنظومة الفرضية الاستنباطية «تقدم بعض العلائق بين عناصر تصورت مقدما على أنها علائق ممكنة» وهي عناصر مستقاة من الحس الهندسي أو الحساب أما في الصياغة الاكسيومية فإن هذه العناصر تفقد كل تحديد مقدم: «إننا نضع موضع التعاريف الصريحة عددا من الأوليات وبعض العلائق المنطقية التي ينبغي أن تقوم بينها. والاهم من كل هذا هو أننا نشترط الا تتوفر العناصر والعلائق من الخصائص الا على تلك التي تحددها الأوليات، حينئذ فإن مجموعة الأوليات تعطي تعريفا ضمنيا لفئات العناصر الأولية والعلائق التي تربط فيما بينها». وحينئذ لن تعود الأوليات فرضيات وضعت حول بعض الموضوعات الرياضية (نقطة، مستقيم، عدد) إنها تشكل تعريفات لموضوعات فكرية تستمد منها جميع خصائصها بل وجودها ذاته.

نتبين في هذه المراحل السير الحثيث نحو بناء ذهني ما يفتأ يتحرر من كل إحالة الى الواقع العيني، ويبتعد عن مناخ البداهة، ويخضع لمبدأ عدم التناقض وحده.

Jean Ullmo, **la pensée scientifique moderne**, Flammarion 1969, p.p 210 - 211.

## 6. 2 . الرّيَاضَة والـمَنْطِقُ

ب. رسل

وجميع الرياضة الخالصة أولية، كالمنطق، وقد أنكر هذا بشدة الفلاسفة التجريبيون، الذين رأوا أن التجربة هي مصدر معرفتنا بالحساب كما هي مصدر معرفتنا بالجغرافية وهم يرون أن تكرر تجربتنا لرؤية شيئين وشيئين آخرين، واكتشاف أن الزوجين يؤلفان أربعة، حملتنا بالاستقرار على استنتاج أن شيئين وشيئين آخرين تؤلف معا أربعة دائما. على أنه إذا كان هذا هو مصدر معرفتنا بأن اثنين واثنين أربعة، فإننا يجب أن نسلك طريقا آخر غير الطريق الذي نسلكه في الواقع لإقناع أنفسنا بصدق النتيجة. فنحن نحتاج إلى عدد معين من الحالات لنصل إلى التفكير في اثنين تفكيرا مجردا، بدلا من التفكير في اثنين من قطع النقود أو اثنين من الكتب أو اثنين من

الناس، أو اثنين من نوع خاص. ولكنا أول ما نستطيع أن ننتزع من أفكارنا ما يعلق بها من الأمثلة الجزئية التي تكون فضولا في غير موضعه، يمكننا أن ندرك وأن نفهم المبدأ العام بأن اثنين واثنين هما أربعة، وأي حالة نلتقي بها في هذا الصدد نعدها نموذجا لهذا المبدأ، ولا تعود بنا من حاجة إلى تمحيص حالات أخرى(1)

ولنضرب مثلا لهذا الأمر نفسه في الهندسة. فإذا أردنا أن نبرهن على خاصية ما في جيمع المثلثات، فإننا نرسم مثلثا ما ونبدأ باستدلالنا حوله، ولكننا نستطيع أن نتحاشى الاعتماد على أية خاصية لا يشارك فيها هذا المثلث المثلثات الأخرى، وبهذه الصورة نصل، بناء على الحالة الجزئية إلى نتيجة عامة. ونحن لا نشعر في الحقيقة بأن ما نحن عليه من يقين في أن اثنين واثنين هما أربعة يزيد بالنظر في حالات جديدة، ذلك لأننا أول ما ندرك صدق هذا الحكم فإن يقيننا يصل إلى درجة كبيرة لا يمكن أن يتجاوزها. وفوق هذا فإننا نشعر بأن لذلك الحكم «اثنين واثنين هما أربعة» صفة الضرورة (necessity) وهو ما لا نشعر به حتى في التعميمات التجريبية الموثوق بها. فهذه التعميمات تبقى مجرد وقائع (facts)، ونشعر أنه ربما كان هناك عالم آخر تكون فيه هذه الحقائق مخطئة، وإن كانت في العالم الواقعي صحيحة، صحيحة. وعلى العكس فإننا نشعر أن اثنين واثنين تبقى أربعة في أي علم آخر، وليست هذه مجرد شيء واقع بل هي ضرورة يجب أن يجري وفقها أي شيء موجود بالفعل أو ممكن وجوده.

ويمكن أن نزيد في وضوح هذه القضية بتأمل مثل خالص للتعميمات التجريبية كالحكم «كل إنسان فان». فظاهرة أننا نؤمن بهذا الحكم أولا لأننا لا نعلم بحادث واحد لأناس امتد بهم العمر إلى أبعد من مدى معين، وثانيا لأنه يظهر أن هناك أسبابا فسيولوجية تدعو إلى أن نرى أن كائنا عضويا كجسم الانسان لابد أن يبلى إن عاجلا أم آجلا. ولنضع الأمر الثاني جانبا، ونقتصر في تأملنا على ما مر في تجاربنا عن فناء الإنسان فظاهر أننا لا نكتفي بحالة واحدة لفناء شخص نلم بها تمام الإلمام، في حين أننا في قضية «اثنان واثنان يساوي أربعة» تكفي حالة واحدة ننعم النظر فيها لنقتنع أن هذا الحكم يصدق على أية حالة أخرى. ونرانا أيضا مدفوعين إلى الاعتراف لدى التأمل الدقيق بأنه ربما كان هناك بعض الشك، مهما كان ضئيلا في كل إنسان فان. ويتضح هذا بأن نحاول تخيل عالمين مختلفين، في أحدهما لا يفنى الناس، في حين أنه في العالم الثاني يكون اثنان واثنان خمسة. وحين طلب إلينا سوفت (2) أن نتأمل في ذلك الجنس من الأحياء الذي أسماه (struldbugs) الذي لا يموت قط، في استطاعتنا أن نسلم بهذا العالم الخيالي. ولكن العالم الذي يكون فيه اثنان واثنان خمسة عالم من مستوى آخر. فنحن نشعر أن مثل هذا العالم، لو كان موجودا، سوف يهدم بناء معرفتنا ويحيلنا إلى حال من الشك المطلق.

(1) أنظر cf. a n - whitehad introduction to mathematics المدخل إلى الرياضيات.

(2) أديب ارلندي.

والحقيقة أننا في الأحكام الرياضية البسيطة مثل «اثنان واثنان يساوي أربعة» وفي كثير من الأحكام المنطقية أيضا، نستطيع أن نصل إلى معرفة الحكم العام من دون أن نستنتجه من حالات خاصة، يدل لنا من حالات خاصة، ولو أنه لابد لنا من حالة واحدة توضح لنا ما يدل عليه هذا الحكم العام. وهذا هو السبب في فائدة عملية القياس (deductin) وفيه يكون الانتقال من العام إلى العام أو من العام إلى الخاص. بالإضافة إلى عملية الاستقراء (induction) وفيه يكون الانتقال من الخاص إلى الخاص أو من الخاص إلى العام. وقد بقي الفلاسفة منذ القديم يتناظرون في هل القياس يؤدي إلى معرفة جديدة. ويتضح لنا الآن أنه في بعض حالات على الأقل، يؤدي فعلا إلى معرفة جديدة لأننا إذا كنا نعلم مقدما أن اثنين واثنين أربعة دائما ونعلم أن (برون) و(جونس) إثنان وأن روبنص و (سمث) إثنان فإننا نستطيع أن نستنبط بالقياس أن برون وجونس وروبنص وسمث أربعة. وهذه معرفة جديدة، لا تتضمنها المقدمات التي بين أيدينا، لأن الحكم العام «إثنان واثنان يساوي أربعة»، ولم ينبئنا قط بأن هناك أشخاصا هم برون وجونس وروبنص وسمث، والمقدمة الخاصة لم تنبئنا بأن هناك أربعة من الأشخاص في حين أن الحكم الخاص الذي استنتجناه بالقياس ينبئنا بالأمرين معا.

ب. رسل، مشاكل الفاسفة، ت. ع البسّام، محمود ابراهيم محمد مطبعة نهضة مصر، الطبعة الثانية، ص ص 87 - 89.

## 7.2 . الرّيَاضَة والمَنْطِق

ب. رسل

علاقة الرياضة بالمنطق وثيقة جدا، فكون الثوابت الرياضية جميعا ثوابت منطقية، وأن مقدمات الرياضة كلها انما تختص بتلك الثوابت، يبين لنا - فيما اعتقد - بيانا دقيقا ما قصد إليه الفلاسفة حين قالوا عن الرياضة إنها قبلية، إذ الواقع أننا إذا ما قبلنا جهاز المنطق فإن الرياضة بكافتها تلزم بالضرورة، واما الثوابت المنطقية نفسها فطريقة تعريفها لا تكون إلا بمجرد ذكرها، لأنها من الأولية بحيث تكون كافة الخصائص التي يمكن بواسطتها تعريف تلك الطائفة من الثوابت معا لابد أن يفترض بعض أفراد الطائفة، ومع ذلك فمن الوجهة العلمية يتخذ تحليل المنطق الرياضي وسيلة للكشف عن الثوابت المنطقية إن تمييز الرياضة من المنطق أمر جزاف إلى حد بعيد، ولكن إذا كان هذا التمييز بينهما أمرا مرغوبا فيه فيمكن بيانه على النحو الآتي. يتألف المنطق من مقدمات الرياضة بالإضافة إلى جميع القضايا الأخرى لا تتناول قط الا الثوابت المنطقية ومعها المتغيرات دون أن تكون مستوفية لشروط تعريف الرياضة وأما الرياضة فتتألف من جميع

ما يترتب من نتائج على المقدمات المذكورة التي يثبت لزومات صورية مشتملة على متغيرات، بالإضافة إلى بعض تلك المقدمات نفسها على شرط أن يكون فيها تلك المميزات، وعلى ذلك فبعض مقدمات الرياضة، مثل المبدأ المنطوي عليه هذا القياس، إذا كانت (ق) تستلزم (ك) و(ك) تستلزم (ر)، كانت (ق) تستلزم (ر) و (ك) ينتمي إلى المنطق لا إلى الرياضة ولولا رغبتنا في التزام الاستعمال الشائع، لجاز لنا أن نوحد بين الرياضة والمنطق وأن نعرف كلا منهما بأنه طائفة القضايا المشتملة على متغيرات فقط مع ثوابت منطقية. لكن احترام العرف يؤدي بي إلى التفرقة المذكورة على الا انسى أن قضايا معينة تنتمي إليهما معا.

ب. رسل أصول الرياضة ص ص 8 - 9 . عن ب رسل لزكي نجيب محمودو سلسلة نوابغ الفكر الغربي دار المعارف

## 2 . 8 . الرّيَاضَة والمَنْطِق

### ب. رسل

من الناحية التاريخية شكلت الرياضيات والمنطق موضوعين متمايزين للدراسة، فربطت الرياضيات بالعلوم كما ربط المنطق باليونان. ولكن كلتا الدراستين قد اتسعت في العصور الحديثة، فأصبح المنطق ذا صبغة رياضية كما اتخذت الرياضيات شكلا منطقيا. ونتيجة لهذا، أصبح الآن من المستحيل رسم خط فاصل بينهما، وبالفعل فهُما يُشكلان دراسة واحدة ولا يختلفان إلا كما يختلف ابن عن أبيه. فالمنطق يمثل الرياضة في صغرها أما الرياضة فتمثل المنطق في نضجه. إن هذا الاعتبار يسيء إلى المناطقة الذين أصبحوا عاجزين، بحكم المدة التي قضوها في دراسة النصوص التقليدية، عن مسايرة برهان رمزي، كما يسيء إلى الرياضيين الذين تلقوا طرق فنهم دون أن يحاولوا فهم معانيها أو أسسها. ومن حسن الحظ أن هؤلاء قد قل عددهم فأصبح جزء كبير من الرياضيات يلامس المنطق، كما صار قسط من المنطق الحديث رمزيا وصوريا بحيث إن العلاقة الوطيدة التي تشد الرياضي إلى المنطق أصبحت تبهر أعين كل منشغل بالثقافة.

B. Russel. **Intr à la philosophie mathèmatique** payot. p. 31.

## 9.2 . مِنَ الكَائِنِ الرّياضي إلَى البِنْيَةِ الرّياضيَة
## ن. بُورْبَاكِي

فيما بين العصر القديم والقرن التاسع عشر، هناك اتفاق عام حول الموضوعات الرئيسية التي يهتم بها الرياضي، تلك هي التي أشار إليها أفلاطون (...) وهي الأعداد والمقادير والأشكال.(...)

ومهما كانت اللُّويّنات الفلسفية التي يطبع بها مفهوم الموضوعات الرياضية عند هذا الرياضي أو ذاك الفيلسوف، فإن هناك على الأقل نقطة يقع عليها الاجماع؛ وهي أن هذه الموضوعات معطاة لنا وأنه ليس في مقدورنا أن ننسب إليها خصائص تعسفية تحكمية مثلما أنه ليس في استطاعة عالم الفيزياء أن يغير من ظاهرة طبيعية ما. (...) وحتى اليوم فإن هناك من يزال يتشدد في صوريته ويتقبل عن طيب خاطر رأي (هرميت)؛ الذي يقول «أظن أن الأعداد ودوال التحليل كليهما ليسا من صنع الفكر، وأرى أنهما يوجدان خارجا عنا ويتمتعان بنفس صفة الضرورة التي للأشياء الواقعية الموضوعية. وإننا لنجد تلك الأعداد والدوال أو نكتشفها ثم ندرسها كما يفعل علماء الفيزياء والكيمياء». ولم يكن في المفهوم القديم للرياضيات، حديث عن الابتعاد عن دراسة الأعداد والأشكال ولكن هذا المذهب الرسمي الذي كان كل رياضي يظن أنه ملتزم بالموافقة عليه لم يلبث أن كون شيئا فشيئا ضيقا لا يطاق، بمجرد أن تراكمت أفكار جديدة. ولم تزل حيرة علماء الجبر أمام الأعداد السالبة إلا حينما مدتهم الهندسة التحليلية بتأويل مناسب. غير أن (دا لامبير) في القرن الثامن عشر، عندما كان يعالج مسألة الأعداد السالبة في الموسوعة، قد فشل فجأة وهو يضع عدداً من التفسيرات الغامضة لهذه الأعداد، فاختتم كلامه قائلا: «وعلى العموم فإن قواعد العمليات الجبرية فيما يتعلق بالكميات السالبة قد قبلها الجميع، وبصفة عامة قوبلت هذه القواعد كما لو كانت صادقة مهما تكن الفكرة التي لدينا عن هذه الكميات ...» ولم تكن الحالة أجود بالنسبة للتحليل في القرن السابع عشر، ولحسن الحظ فقد ظهرت الهندسة التحليلية، في هذا الوقت المناسب لتعطي للرياضيين امكانية الرسم البياني في صورة أشكال هندسية وذلك على شكل فكرة جديدة هي الدالة؛ كما أن هذه الهندسة ساعدت كامل المساعدة كلاً من الرياضيين (فرما) و (باسكال) على إنشاء حساب التفاضل والتكامل.

ونرى في هذه الملابسات، أن فكرة البرهان قد بدت، خلال القرن الثامن عشر واهية نوعا ما ما دام الرياضيون لم ينجحوا في إثبات مبادئ وخصائص أساسية لها يستدلون بمقتضاها كما فعل الاغريق. ولقد كان الرجوع إلى الدقة، وهو رجوع أثير في بداية القرن التاسع عشر،

حاملا معه بعض التقدم في مثل هذه الظروف. إلا أنه لم يوفق مع ذلك توفق المبادئ الجديدة. ولا شك أن إمكانية إعطاء تفسيرات مبتكرة لهذه المبادئ الجديدة في أسلوب قديم كان أكبر تقدم سمح بالعودة إلى الدقة. (...) فأخذ الرياضيون يشعرون شعورا واضحا بأن عليهم أن يقاوموا نزوعهم الطبيعي الذي تدفعهم إليه أعمالهم، كما أن عليهم أن يستدلوا في الرياضيات على موضوعات ليس لها أي تأويل حسي.

Nicolas Bourbaki. **Eléments d'histoir des maths.** Paris Hermann, 1960, p p 29 - 32.

## 10. 2. الهَيْكَلُ المِعْمَارِي للصّرحِ الرّيَاضيّ بُورباكِي

### النزعة المنطقية والمنهاج الأكسيومي

« ... وما كاد يتضح فشل مختلف المنظومات التي أشرنا إليها أعلاه، حتى خيل للناس في بداية هذا القرن أنه وقع التخلي نهائيا عن الاعتقاد بأن الرياضيات مجرد «سلسلة من الفنون يقوم كل منها على مفاهيم خاصة ومحددة بدقة» فنون يربط بينها «ألف رباط». الشيء الذي يجعل منهاج كل فن منها قادرا على إغناء الفنون الأخرى، كلها أو بعضها (برانشفيك. *مراحل الفلسفة الرياضية* ص 447). أما اليوم، وعلى العكس تماما مما ذكر، فإن الرأي السائد هو أن التطور الداخلي للعلم الرياضي قد عمل، على الرغم من جميع المظاهر المخالفة، على توثيق عرى الوحدة بين مختلف أجزائه أكثر من أي وقت مضى، وأنه بالإضافة إلى ذلك، خلق فيه نواة مركزية تتمتع بانسجام لم يعرف له مثيل من قبل. لقد اعتمد هذا التطور، في جوهره، على تنظيم ومنهجة العلاقات القائمة بين مختلف النظريات الرياضية. إنه التطور الذي يعكسه ويعبر عنه ذلك الاتجاه الذي يطلق عليه، بكيفية عامة، اسم: «المنهاج الأكسيومي».

يطلق على هذا الاتجاه أحيانا اسم «النزعة الرمزية» Formalisme أو «المنهاج الرمزي»، وهنا نبادر إلى التنبيه إلى ذلك الخطر الذي ينجم عن الخلط الذي يتسبب فيه هذان المصطلحان اللذان يفتقدان إلى مزيد من الضبط والدقة. وهذا بالضبط ما دأب خصوم الاكسيوماتيك على استغلاله. إننا نعرف جميعا أن ما يطبع الرياضيات من الخارج هو تلك «السلسلة الطويلة من الاستدلالات» التي تحدث عنها ديكارت، والتي تجعل من كل نظرية رياضية سلسلة من القضايا يستنتج بعضها من بعض، حسب قوانين منطق، هو أساسا، ذلك الذي تم تقنينه منذ أرسطو، والمعروف بـ «المنطق الصوري» منطق تم تكييفه بالشكل الذي يجعله يتلاءم مع حاجات وأهداف رجل الرياضيات. ومن هنا صار من الأمور الواضحة المبتذلة، القول: بأن هذا «الاستدلال

الاستنتاجي» هو مبدأ وحدة الرياضيات. غير أن الاقتصار، في هذا المجال، على ملاحظة سطحية، كهذه، لا يساعد قط على إدراك درجة التعقيد الذي تتسم به مختلف النظريات الرياضية، تماما مثلما أنه لا يجوز الجمع بين الفيزياء والبيولوجيا، مثلا، في علم واحد، بدعوى أنهما يطبقان المنهاج التجريبي. إن هذا النوع من الاستدلال ـ الذي يراد جعله مبدأ وحدة الرياضيات ـ القائم على تسلسل الأقيسة المنطقية هو عبارة عن أداة تحويل، تطبق بدون تمييز، على جميع أنواع المقدمات، وبالتالي هو لا يستطيع إضفاء أي طابع خاص على هذه المقدمة أو تلك. وبعبارة أخرى إنه الصورة الخارجية (= الصورة في مقابل المادة forme) التي يعطيها الرياضي لتفكيره. إنه المطية التي تجعل هذا التفكير قابلا للتواصل والتطابق مع أنواع أخرى من التفكير(1). أنه، بأوفى عبارة، اللغة الخاصة بالرياضيات، ولا ينبغي البحث فيه عن شيء آخر. إن تقنين هذه اللغة وترتيب كلماتها، وتوضيح نحوها (= قواعدها) شيء مفيد جدا، وهو يشكل فعلا وجها من وجوه المناهج الاكسيومي، الوجه الذي يمكن أن نطلق عليه حقا اسم الرمزية المنطقية le formalisme logique (أو كما يقال أيضا: «اللوجستيك». ولكن، وهذا ما نلح عليه، ليس هذا سوى وجه واحد، الوجه الأقل أهمية».

إن ما يضعه الاكسيوماتيك هدفا أساسيا له، هو بالضبط ما لا تستطيع الرمزية المنطقية وحدها القيام به، نعني بذلك تعقل الرياضيات تعقلا عميقا. وكما أن المنهاج التجريبي ينطلق من الايمان، إيمانا مسبقا، بدوام قوانين الطبيعة، فإن المنهاج الأكسيومي يجد نقطة ارتكازه في الاقتناع بأنه إذا لم تكن الرياضيات مجرد سلسلة من الاقيسة المنطقية تجري بالصدفة، فإنها ليست بالاحرى، مجموعة من العمليات والأساليب الذكية السحرية، ولا مجرد مقارنات اعتباطية تطغى فيها الحذاقة الفنية المحض. وهكذا، فحيث لا يرى الملاحظ الذي لا يشاهد إلا ما هو سطحي، سوى نظرتين أو أكثر، منفصلة كل منهما على الأخرى، في الظاهر، وتقومان، بفضل تدخل عبقرية رجل رياضي، بـ «تبادل المساعدة» (برانشفيك، نفس المرجع، ص 446) يحثنا المنهاج الاكسيومي على البحث عن الاسباب العميقة لهذا الذي لاحظه صاحبنا، والكشف عن الافكار العامة المشتركة المختبئة تحت الجهاز الخارجي للجزئيات الخاصة بكل واحدة من تلك النظريتين أو النظريات، كما يدفعنا هذا المنهاج، إلى استخراج تلك الافكار العامة وعزلها عن الجزئيات، قصد دراستها والقاء الضوء عليها.

(1) ان جميع الرياضيين يعرفون أن البرهان لا يكون «مفهوما» تمام الفهم مادام الاهتمام محصورا في التحقق، خطوة خطوة، من صحة الاستنتاجات الواردة فيه، دون محاولة القيام بتصور واضح للأفكار التي قادت إلى تفضيل طريقة بناء هذه السلسلة من الاستنتاجات على الطرق الأخرى.

## المنهاج الاكسيومي والبنيات الرياضية (2)

كيف يتم ذلك؟ هنا يقترب الاكسيوماتيك، اقترابا أكثر، من المنهاج التجريبي. إنه، اذ يغرف من المعين الديكارتي، يعمل على «تجزئة الصعوبات حتى يستطيع حلها بطريقة أفضل». وهكذا، يعمد إلى تحليل البراهين ـ الخاصة بنظرية من النظريات ـ ليستخلص منها حلقاتها الاساسية التي تربط سلسلة الاستدلالات التي تشتمل عليها تلك البراهين، ثم بعد أن يأخذ كل واحدة منها على حدة ويضعها كمبدأ مجرد، يعمل على استخراج نتائجها، ليعود أخيرا إلى النظرية المدروسة، فيؤلف من جديد بين عناصرها الأساسية التي سبق عزلها، ويدرس كيف يؤثر بعضها في بعض. نعم ليس هناك أي جديد في هذه المزاوجة بين التحليل والتركيب ولكن أصالة المنهاج كامنة كلها في الكيفية التي تطبق بها هذه العملية التحليلية التركيبية ...

لعل ما قلناه قبل، يكفي لجعل القارئ يأخذ فكرة، واضحة نوعا ما، عن المنهاج الأكسيومي. لقد اتضح مما سبق أن أبرز فوائد هذا المنهاج هو أنه منهاج يحقق اقتصادا في الفكر كبيرا. ان الباحث الرياضي الذي يطبق المنهاج الاكسيومي ينصرف بكامل اهتمامه إلى «البنيات» التي هي أدواته في العمل والبحث. وهكذا فبمجرد ما يتبين العلاقات التي تقوم بين العناصر التي يدرسها والتي تكفي ـ أي العلاقات ـ للحصول على بنية من أوليات معروفة، يصبح ماسكا بالجهاز الذي تنتظم القضايا العامة المتعلقة بجميع البنيات التي من هذا النوع. الشيء الذي ليس بإمكان الباحث، غير المستعمل للمنهاج الاكسيومي، الحصول عليه إلا بعد بحث طويل ومضن عن أدوات أخرى ـ غير البنيات تتوقف فعاليتها على موهبته الشخصية وتقترن غالبا بفرضيات حدسية مقيدة نابعة من الخصائص الجزئية للمشكل المدروس. واذن، يمكن القول إن المنهاج الاكسيومي هو «النظام التايلوري»(3) الخاص بالرياضيين.

على أن مقارنة المنهاج الاكسيومي بنظام تايلور لا تفي بجميع خصائص هذا المنهاج. ذلك لأن الباحث الرياضي لايقوم بابحاثه بكيفية آلية، مثلما يشتغل العامل كحلقة من السلسلة التي ينتمي اليها في العمل. فهناك عنصر آخر يقوم بدور هام في البحث الرياضي، يجب ابرازه. إنه نوع من الحدس خاص، يختلف تماما عن الحدس الحسي المعروف لدى جميع الناس، إنه نوع من الحزر المباشر (السابق على كل الاستدلال) يمكن الباحث الرياضي من توقع سلوك الكائنات الرياضية التي يتعامل معها. والتي أصبحت لديه، نظرا لمعايشته لها مدة طويلة، مألوفة بنفس الدرجة التي هي مألوفة لدينا كائنات العالم الواقعي. هذا ما يجعل لكل بنية رياضية لغة خاصة بها، لغة تتردد فيها أصداء حدسية خاصة نابعة من النظريات التي سبق التحليل الاكسيومي أن

(2) هذا العنوان والذي يله من وضع المترجم

(3) نظام تايلور Système Taylor طريقة في تنظيم العمل داخل المصانع الكبرى كمصانع السيارات مثلا حيث يتم العمل بشكل سلسلة ولا يتيح للعامل أية فرصة لـ «اضاعة» الوقت. وتايلور مهندس أمريكي صاحب هذا النظام. (1856 - 1915) (المترجم).

استخلص منها تلك البنية، كما بينا ذلك أعلاه. إن هذه الاصداء الحدسية هي، بالنسبة للباحث الذي يكتشف فجأة هذه البنية في الظواهر التي يدرسها، بمثابة نداء مباغث يستقطب، دفعة واحدة، التيار الحدسي لتفكيره، ويوجهه إلى وجهة أخرى غير منتظرة، وينير بضوء جديد المشهد الرياضي الذي يتحرك فيه ...

لنحاول الآن تمثل صرح العالم الرياضي كله، متخذين من التصور الاكسيومي دليلا ومرشدا. من المؤكد أننا لن نجد في هذا الصرح ذلك الترتيب التقليدي الذي يقتصر، مثله مثل التصنيف القديم لأنواع الحيوانات على تصنيف النظريات على أساس تشابه مظاهرها الخارجية. وهكذا، فبدلا من الجبر والتحليل، ونظرية الأعداد، والهندسة، التي كان ينظر إليها كفروع يسكن كل منها بيتا خاصا به، ويتمتع باستقلاله، سنجد، مثلا نظرية الاعداد الأولية جنبا إلى جنب مع نظرية المنحنيات الجبرية، كما نجد الهندسة الاوقليدية مرتبة مع المعادلات التكاملية. أما مبدأ هذا التنظيم الجديد، لفروع الرياضيات، فليس شيئا آخر غير مبدأ تراتب البنيات تراتبا هرميا متدرجا، يسير من البسيط إلى المركب، من العام إلى الخاص.

وهكذا نجد في مركز الصرح العام، الاصناف الكبرى من البنيات ... البنيات ـ الأم، إذا صح التعبير. وكل صنف منها يقبل تنوعا كبيرا؛ فإلى جانب البنية العامة، أو البنية ـ الأم، التي تنبني على أقل عدد من الأوليات، هناك بنيات أخرى فرعية نحصل عليها بإضافة أوليات أخرى إلى هذه البنية العامة، الشيء الذي تترتب عنه نتائج جديدة وفيرة. وهكذا، فنظرية الزمر المؤسسة على أوليات عامة صالحة لجميع أصناف الزمر، وهي الأوليات التي شرحناها قبل(4)، تتضمن في جوفها نظرية خاصة بالزمر النهائية (ونحصل عليها بإضافة أولية جديدة، إلى الأوليات المذكورة. أولية تنص على أن عدد عناصر الزمر نهائي) ونظرية أخرى خاصة بالزمر الابيلية Groupes Abeliens (ونحصل عليها بإضافة أولية جديدة تنص على أن : س ـط ص = ص ـط س، مهما كانت س، ص) (5) كما تتضمن أيضا نظرية ثالثة خاصة بالزمر الابيلية النهائية (ونحصل عليها بإضافة الاوليتين المذكورتين قبل، إلى أوليات الزمرة العامة). وهكذا أيضا نميز في المجموعة المرتبة بين مجموعات كلية الترتيب، ومجموعات جيدة الترتيب. الاولى هي المجموعات التي يمكن أن نقارن فيها بين أي عنصر من عناصرها (والتي تخضع لمثل الترتيب الذي ترتب به عادة الاعداد الصحيحة أو الاعداد الحقيقية) أما الثانية وهي تحظى باهتمام كبير من طرف الرياضيين، فقد سميت مجموعات جيدة الترتيب، لأن كل مجموعة جزئية فيها تتوفر على عنصر أصغر من جميع عناصرها الأخرى (يكون مقامه كمقام الصفر بالنسبة للأعداد الصحيحة) هذا، وهناك تدرج مماثل في البنيات الطوبولوجية.

(4) يحيل صاحب المقالة إلى فقرات شرح فيها مفهوم الزمرة وخصائصها.

(5) الرمز ( ـط) الذي نستعمله هنا يشير إلى تطبيق علاقة) كعلاقة الجمع أو الضرب مثلا.

وإذا نحن ابتعدنا قليلا عن هذا المركز وجدنا بنيات يمكن أن نطلق عليها اسم : البنيات المزدوجة multiple، وهي بنيات تنتج عن المزاوجة بين بنيتين أو أكثر من البنيات - الأم. مزاوجة قوامها، لا مجرد التجميع والتراكم (الشيء الذي لا يأتي بأي جديد)، بل التأليف العضوي الذي هو عبارة عن عملية دمج، تتم بواسطة أولية واحدة أو أكثر، تشد البنيات المتزاوجة بعضها إلى بعض شدا متينا. وهكذا نجد مثلا الجبر الطوبولوجي الذي يدرس البنيات التي تشتمل في آن واحد، على قانون تركيبي - أو أكثر - وطوبولوجية واحدة، يربط بينهما الشرط التالي : وهو أن العمليات الجبرية يجب أن تكون دوال متصلة (للطوبولوجية المختارة)، تتحدد قيمتها بالعناصر التي تؤسس البنية المدروسة. كما نجد أيضا الطوبولوجيا الجبرية التي تتناول مجموعات من النقط المكانية، تتحدد بواسطة خصائص طوبولوجية، كعناصر تجري عليها قوانين التركيب. وهناك ثالثا النتائج الخصبة التي نحصل عليها بالتأليف بين البنيات الجبرية، وبنيات الترتيب ...

وبعيدا عن هذا أو ذاك، تبدأ في الظهور النظريات الخاصة، بمعنى الكلمة، النظريات التي تنتج من اعطاء فردية متميزة خاصة لعناصر المجموعة المدروسة، العناصر التي تبقى غير محددة المحتوى داخل البنيات - الأم. وهنا نلتقي مع فروع الرياضيات الكلاسيكية. الدوال التي يكون متغيرها عددا حقيقيا أو مركبا، الهندسة التفاضلية، الهندسة الجبرية، نظرية الاعداد. لقد فقدت الآن هذه الفروع، أو النظريات، استقلالها الذاتي الذي كانت تتمتع به من قبل (= قبل الصياغة الاكسيومية)، وأصبحت عبارة عن « ملتقى طرق » تتقاطع فيه وتتبادل التأثير، عدة بنيات رياضية أكثر عمومية ...

## الاكسيومات وعلاقة الرياضيات بالواقع التجريبي

لم ينشأ هذا التصور (الجديد للرياضيات)، الذي حاولنا عرضه أعلاه، دفعة واحدة. بل لقد كان نتيجة تطور متواصل منذ أكثر من نصف قرن (6)، تطور اعترضت سبيله مقاومة عنيفة سواء من جانب الفلاسفة، أو من جانب الرياضيين أنفسهم. لقد ظل كثير من علماء الرياضيات ولمدة طويلة، يرون في الاكسيوماتيك مجرد مهارة منطقية فارغة، عاجزة عن إغناء أية نظرية. ومن دون شك فإن هذا النقد كان نتيجة حادث تاريخي عرضي : فالصياغات الاكسيومية الأولى، وقد ترددت أصداؤها بشكل واسع، (مثل الصياغة الاكسيومية للحساب التي قام بها كل من ديدكند Dedekind وبيانو Péano والصياغة الاكسيومية للهندسة الاوقليدية التي قام بها هلبير Hilbert)، فقد تناولت نظريات وحيدة القيمة Univalentes أي نظريات تحددها تحديدا كاملا، المنظومة العامة لاولياتها، المنظومة التي لا تقبل التطبيق بالتالي، على أية نظرية أخرى غير تلك

(6) كتبت المقالة في أواخر الاربعينات (المترجم)

التي استخلصت منها. (وذلك على العكس تماما مما رأيناه في نظرية الزمر). إنه لو كان الامر كذالك بالنسبة لجميع البنيات، لكانت الدعوى التي تنسب العقم المنهاج الاكسيومي، دعوى مشروعة ومبررة كامل التبرير. ولكن هذا المنهاج قد برهن على ديناميته ومطاوعته خلال استعماله. وإذا كان هناك من لايزال يشمئز من هذا المنهاج، فإن هذا راجع إلى كون الفكر بطبيعته يشعر بالعياء عندما يطلب منه، حينما يكون أمام مشكلة مشخصة، القيام بحدس (يستلزم تجريدا عاليا وصعبا أحيانا)، غير ذلك الحدس الذي توحي به مباشرة المعطيات الماثلة أمامه، حدس لا يقل خصوبة عن هذا الحدس المشخص المباشر.

أما بالنسبة لاعتراضات الفلاسفة فهي تتناول ميدانا لا نملك الكفاءة اللازمة للخوض فيه بجد. نعني بذلك: المشكلة الكبرى التي تطرحها علاقة العالم التجريبي بالعالم الرياضي. أما أن يكون هناك اتصال وطيد بين الظواهر التجريبية والبنيات الرياضية، فذلك ما يبدو أن الفيزياء المعاصرة قد أكدته بكيفية لم تكن منتظرة. ولكن، رغم ذلك فإننا نجهل الاسباب العميقة التي تجعل هذا الاتصال ممكنا، وربما سنظل جاهلين بذلك إلى الابد. وعلى أية حال، فهناك ملاحظة يمكن أن تحمل الفلاسفة في المستقبل على مزيد من الحذر والتروي: لقد بذلت مجهودات ضخمة، قبل التطور الثوري الذي عرفته الفيزياء الحديثة، من أجل استخراج الرياضيات، مهما كان الثمن، من الحقائق التجريبية، خاصة منها الحدوس المكانية المباشرة. ولكن الذي حدث هو التالي: فمن جهة أوضحت فيزياء الكوانتا أن هذا الحدس «الماكروسكوبي» للواقع يتناول ظواهر «ميكروسكوبية» من طبيعة مختلفة تماما، ظواهر تنتمي إلى فروع من الرياضيات لم يكن يتصور أنها ستطبق في العلوم التجريبية. ومن جهة أخرى أوضح المنهاج الاكسيومي أن الحقائق التي كان ينظر إليها على أنها تشكل محور الرياضيات ليست في الواقع سوى مظاهر جزئية لتصورات ومفاهيم عامة جدا لم تكن تلك المظاهر تحد قط من حصيلتها وإمكانياتها، وذلك إلى درجة أن هذا الاندماج الخفي بين الرياضيات والواقع التجريبي الذي كثيرا ما طلب منا أن نتأمل ضرورته وانسجامه، لم يعد، في نهاية المطاف، سوى التقاء عرضي بين علمين تقوم بينهما روابط هي من الخفاء أكثر مما كان يفترض قبليا.

ان الرياضيات في المنظور الاكسيومي، عبارة عن خزان من الصور المجردة، أي البنيات الرياضية. والذي يحدث ـ دون أن نعرف لماذا؟ هو أن بعض مظاهر الواقع التجريبي تتقولب في بعض هذه الصور، وكأنها قد أعدت من قبل لهذا الغرض. ولا يمكن للمرء، بطبيعة الحال، أن يتجاهل أن كثيرا من هذه الصور كانت في الأصل ذات محتوى حدسي محدد. ولكن إفراغ هذه الصور، بكيفية إرادية، من ذلك المحتوى الحدسي، هو بالضبط ما جعلنا نعرف كيف نعطيها كل الفعالية التي كانت لها بالقوة (مقابل بالفعل)، وكيف نجعل منها صورا تقبل تفسيرات جديدة، وتقوم بدورها الكامل كقوالب.

إنه فقط بهذا المعنى لكلمة «صورة» يمكن القول إن المنهاج الاكسيومي صياغة صورية محض Formalisme. ان الوحدة التي يمنحها المنهاج الاكسيومي للرياضيات ليست ذلك اللحام الذي يقدمه المنطق الصوري، ليست وحدة هيكل بدون حياة. بل إنها الطاقة الحيوية المغذية لجسم في ريعان نموه، إنه الأداة المرنة الخصبة التي ساهم في صنعها، بوعي، منذ كوس Gauss، جميع الرياضيين الكبار، جميع أولئك الذين عملوا دوما على تعويض «الحساب بالافكار» حسب تعبير لوجون ديريشي «Le jeune - Drichet».

N. Bourbaki : **L'Architecture des Mathématiques** (Les grands courants de la pensée mathématique) ed. Albert Blanchard. Paris.

ترجمة م. ع. الجابري، موجود في: تطور الفكر الرياضي والعقلانية المعاصرة. ص ص 285 - 294.

## 11. 2 . ليْسَتِ الرّياضِيَاتُ منَ السّمَاء ولاَ هيَ منَ الأرْضِ

## ج. ت. دوزانتي

«ليست الرياضيات من السماء » وهذا يعني أنه لا وجود لعالم من الكائنات الرياضية، عالم رياضي في ذاته من شأن الرياضيات التي يمارسها الناس أن تفضي إليه. إن واقعية البنيات الرياضية أمرٌ محال لا سند له.

«ليست الرياضيات من الأرض». وهذا يعني أن العمليات الرياضية تُحْدث قطيعة مع أشكال التنظيم التي يُمدّنا بها حقل الادراك، ومع أنواع الممارسة التي تستجيب لمتطلبات هذا الحقل وحدها. وهذا يقودني إلى أن استبعد توّاً تقليدين من فلسفة الرياضة: ذلك الذي يتناول المسائل «من علٍ» ويُعيّن البنيات المثالية الخالدة التي من شأن الرياضيات التي ظهرت تاريخيا أن تكون تجليا لها. أما الفلسفة الأخرى فهي تلك التي تكتفي بأن تتناولها من أسفل وتبحث، في الكيفية التي يعاش بها منظر أساسي، عن جذور ما يتعلق به الأمر فعلا في العبارات الرياضية .

عندما نقول بأن الرياضيات " ليست من الأرض " فلسنا نعني بذلك أن البنيات التي تحددها الرياضيات ليست إلا بناء صنعيا لا علاقة له بطبيعة الأشياء. ما نعنيه هو أننا، إذا ما أردنا أن نحدد «البنيات الجيدة»، أي تلك التي تفصح لنا عن طبيعة الأشياء، فينبغي أن ننفصل عن المظهر الأول الذي تبدو لنا فيه هاته الأشياء، ذلك المظهر الذي أطلقت عليه، مجازا، لفظ «الأرض».

أنا لن أقول عن تلك الفتاة إذن «إنها التقت بثلاثة جنود»، كلا، وإنما سأقول «إنها التقت بجنود، فعدتهم، فكانوا ثلاثة». إن إلتقاء ثلاثة جنود ليس أكثر صدقا من التقاء بنية من البنيات الرياضية.

الفارق الوحيد أننا نعرف العدَّ منذ زمن بعيد وأننا نتصور الأعداد الصحيحة ماثلة في الموضوعات التي تحصيها. ولا تزيد اللغة الأمر إلا تعقيدا وغموضا.

أما فيما يتعلق بمعرفة هذا الموقع الذي هو «بين السماء والأرض»، وماذا ينبغي أن نطلق عليه، فإن هذا التساؤل لا يزيد أهمية عن السؤال الذي يطرحه من يتكلم انجليزية: «أين ضاع مني نحو اللغة الفرنسية؟» بإمكانكم أن تتبينوا ذلك الموقع أنّى شئتم، في الكتب وعلى طرف اللسان أو على الأصابع. بإمكانكم أن تبدعوا لاشعورا مناسبا إن كان الأمر يحلو لكم.

نقصد من كل ما سبق الإشارة إلى أنه ينبغي علينا أن نعتبر تلك الموضوعات كما لو كانت فعلية وواقعية بالرغم من أن واقعيتها تتميز عن واقعية المسامير أو الطيور، تلك الموضوعات التي لا وجود لها إلا كعلائق، ولا سبيل إلى إدراكها إلا داخل منظومة الامكانات المنتظمة التي تتيحها العلائق التي تحددها.

J. T. Desanti. **la philosophie silencieuse**. Seuil, 1975, p.p. 225 - 226.

# 3. ابيستيمولوجيا الفيزيا.

## 1.3 . بسْم اللّه الرّحمَن الرّحيم، ثِقَتي باللّه وحْدَه.
## الشّكوك علَى بطلَيْموس

الحسَن بنُ الحَسن بْنُ الهَيْثم

الحق مطلوب لذاته، وكل مطلوب لذاته فليس يعني طالبه غير وجوده، ووجود الحق صعب، والطريق إليه وعر، والحقائق منغمسة في الشبهات، وحسن الظن بالعلماء في طباع جميع الناس، فالناظر في كتب العلماء إذا استرسل مع طبعه، وجعل غرضه فهم ما ذكروه، وغاية ما أوردوه، حصلت الحقائق عنده هي المعاني التي قصدوا لها، والغايات التي أشاروا إليها. وما عصم الله العلماء من الزلل، ولا حُمي عملهم من التقصير والخلل. ولو كان ذلك كذلك لما اختلف العلماء في شيء من العلوم، ولا تفرقت آراؤهم في شيء من حقائق الأمور، والوجود بخلاف ذلك. فطالب الحق ليس هو الناظر في كتب المتقدمين، المسترسل مع طبعه في حسن الظن بهم، بل طالب الحق هو المتهم لظنه فيهم، المتوقف فيما يفهمه عنهم، المتبع الحجة والبرهان، لاقول القائل الذي هو إنسان، المخصوص في جبلته بضروب الخلل والنقصان. والواجب على الناظر في كتب العلوم، إذا كان غرضه معرفة الحقائق، أن يجعل نفسه خصما لكل ما ينظر فيه، ويجيل فكره في متنه وفي جميع حواشيه، ويخصمه من جميع جهاته ونواحيه، ويتهم أيضا نفسه عند خصامه فلا يتحامل عليه ولا يتسمح فيه. فإنه إذا سلك هذه الطريقة انكشفت له الحقائق، وظهر ما عساه وقع في كلام من تقدمه من التقصير والشُبه.

ولما نظرنا في كتب الرجل المشهور بالفضيلة، المتفنن في المعاني الرياضية، المشار إليه في العلوم الحقيقية، أعني بطلميوس القلوذي، وجدنا فيها علوما كثيرة، ومعاني غزيرة، كثيرة الفوائد، عظيمة المنافع. ولما خصمناها وميزناها، وتحرينا إنصاف الحق منه، وجدنا فيها مواضع مشبهة، وألفاظا بشعة، ومعاني متناقضة، إلا أنها يسيرة في جنب ما أصاب فيه من المعاني الصحيحة. فرأينا أن في الإمساك عنها هضما للحق، وتعديا عليه، وظلما لمن ينظر بعدنا في كتبه

في سترنا ذلك عنه. ووجدنا أولى الأمور ذكر هذه المواضع، وإظهارها لمن يجتهد من بعد ذلك في سد خللها، وتصحيح معانيها، بكل وجه يمكن أن يؤدى إلى حقائقها.

ولسنا نذكر في هذه المقالة جميع الشكوك التي في كتبه، وإنما نذكر المواضع المتناقضة، والأغلاط التي لا تأول فيها فقط، التي متى لم يخرّج لها وجوه صحيحة، وهيئات مطردة، انتقضت المعاني التي قررها، وحركات الكواكب التي حصلها. فأما بقية الشكوك فإنها غير مناقضة للأصول المقررة، وهي تنحل من غير أن ينتقض شيء من الأصول ولا يتغير. والله المعين لنا على جميع ذلك بمشيئته.

الحسن بن الهيثم. *الشكوك على بطليموس*

تحقيق: ع. الحميد صبره — د. نبيل الشيهابي

دار الكتب، 1971، ص ص 3 - 5.

## 2.3 . الواقعُ يُجَسّدُ الرّياضيَات

### أ. كوييري

إن فكر غاليلو، أو إن شئنا أن نقول إن موقفه الذهني (...) ليس موقفا رياضيا خالصا، إنه بالأولى موقف فزيائي ـ رياضي. إن غاليلو ينطلق من الرأي الذي يدعي أن قوانين الطبيعة هي قوانين رياضية. وهو رأي مسبق من دون شك، لكنه يشكل إحدى دعامات فلسفة الطبيعة عند غاليلو. *إن الواقع يجسد الرياضيات*. بناء على ذلك فلا شيء عند غاليلو يفصل التجربة عن النظرية؛ والنظرية أو صيغة القانون الرياضي، لا تنطبقان على الظواهر من خارج، وهي لا «تنقذها»، وإنما تعبر عن ماهيتها. إن الطبيعة لا ترد إلا على الأسئلة التي وضعت بلغة رياضية ما دامت الطبيعة هي العالم الذي يسود فيه القياس والنظام. وإذا ما كانت التجربة تبدو وكأنها توجه البرهان و «تمد له يد المعونة» فلأن الطبيعة تكشف عن ماهيتها للتجربة إذا ما كانت موجهة أحسن توجيه، أي للسؤال إذا ما كان قد طرح طرحا جيدا وهذه الماهية لا يكون إلا في وسع العقل وحده أن يدركها.

ينبهنا غاليلو أنه ينطلق من التجربة، بيد أن هذه التجربة ليست هي التجربة الخام التي تعطينا إياها الحواس . فالمعطى الذي ينبغي للتعريف الذي هو بصدد البحث عنه أن ينطبق معه أو يوافقه، ليس إلا القانونين الوضعيين للسقوط الحر اللذين يتوفر عليهما.

ثم انه ينبهنا كذلك إلى أن فكرة البساطة توجهه وتنير سبيله، (...) بيد أنها بساطة فعلية واقعية إن صح القول، إنها وفاق ضمني مع الطبيعة الجوهرية للظاهرة المدروسة.

تلك الظاهرة هي ظاهرة الحركة. إن غاليلو لا يعرف كيف تتم، ولا كيف يتولد التسارع ويفعل أية قوة (...) ومهما يكن الأمر فالأمر يتعلق بظاهرة فعلية، ظاهرة تولدها الطبيعة فعلا، وأعني بشيء يتم في *الزمان*.

إن الحركة، هي قبل كل شيء ظاهرة زمانية، تتم في الزمان. بناء على ذلك فإن غاليلو سيعمل على تحديد ماهية الحركة المتسارعة بدلالة الزمان لابدلالة المسافة المقطوعة؛ المسافة ليست إلا حصيلة، وشيئا عارضا، إنه عرض وعلامة على واقع زماني في جوهره.

A. Koyré, **Etudes galiléennes**, Hermann, 1966, p.p 156 - 7.

## 3.3 . منَ الْعِلّة إلى القَانُون
## نْيُوتُن

«إنني لا أبحث هنا عما يكون السبب في ظواهر الجاذبية. فما أسميه هنا جاذبية قد يكون نتيجة دفعة أو أسباب أخرى أنا في جهل لها. وأنا لا استخدم تلك الكلمة إلا لأعني بها قوة ما تتجاذب الاجسام عن طريقها. وذلك مهما كان السبب. إذ أنه ينبغي علينا أن نعرف عن طريق الظواهر الطبيعية ما هي الاجسام التي تتجاذب فيما بينها وما هي القوانين والخصائص التي تتحكم في تلك الجاذبية. وهذا قبل أن نبحث عن العلة التي تحدث الجاذبية (...).

وأنا لا أعتبر تلك المبادئ صفات غيبية تكون ناتجة عن الكينية النوعية للأشياء بل قوانين عامة تتحكم في الطبيعة وتشكل الاجسام. وإن حقيقة تلك القوانين تتبدى لنا عن طريق الظواهر وهذا بالرغم من أننا لم نعرف بعد عللها، إذ أن هاته الخصائص جلية واضحة ولا تخفي إلا أسبابها وعللها. وإن الارسطيين لم يطلقوا عبارة صفات غيبية على صفات جلية ظاهرة، بل على صفات كانوا يفترضونها مختبئة ساكنة في الأجسام، كما كانوا يعتقدون أنها هي الأسباب المجهولة لمسببات ظاهرة. مثل هذا تكون في رأيهم أسباب الثقل والجاذبية المغناطيسية والكهربائية.»

اسحاق نيوتن. المطول في البصريات

١٧٠٤ ـ الكتاب الثالث

«لن نقبل بعد الآن عللا للأشياء الطبيعية، إلا ما كان منها صحيحا وكافيا لتفسير ظواهرها. لذلك يجب أن نربط لأبعد حد ممكن ذات النتائج الطبيعية بذات العلل. إن صفات الأجسام التي لا يمكن أن تنقص أو أن تزيد، والتي تخص جميع الأجسام التي هي ضمن نطاق

تجاربنا، يجب أن تعتبر صفات لجميع الأجسام مهما كانت. لأنه لما كانت صفات الأجسام معروفة لدينا بواسطة التجارب فقط، وجب علينا أن نعتبر كليا كل ما يتفق مع التجارب بصورة كلية ... ولا يجوز بكل تأكيد أن نهمل اليقين المتولد عن التجارب من أجل الأحكام والخيالات كما لا يجوز أن نبتعد عن مثال الطبيعة وهي بسيطة ومتفقة مع ذاتها دائما ... ويجب علينا نتيجة لهذه القاعدة أن نقرر بصورة كلية أن جميع الأجسام، مهما كانت، تحمل ذاتها مبدأ الجاذبية المتقابلة».

إسحاق نيوتن. المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية

«إن النظام الكلي الذي نرمز إليه بعد الآن بقانون الجاذبية يتخذ معنى إيجابيا واضحا. فالعقل يستطيع الاحاطة بهذا النظام. وهو ليس أزليا سريا لكنه من أكثر الأمور بداهة. وينتج عن ذلك أن الحقيقة الوحيدة التي يمكن لو سائلنا في المعرفة إدراكها - أي المادة والطبيعة - تبدو لنا نسيجا من الخصائص احكم انتظامه ويمكن للعلائق القائمة بينها أن يعبر عنها بلغة الرياضيات».

ليون بلوك. فلسفة نيوتن، ص 555.

## 4.3 . المَشَاكِلُ الأَسَاسِيَّةُ فِي الفِيزِيقَا الذَّرِّيَّةِ المُعَاصِرَةِ ف. هَايزِنْبرغ

تهتم كل الدراسات الشائعة عن الفيزيقا الذرية في الأغلب بالتكنولوجيا الذرية، أي باستعمال الطاقة الرهيبة للذرة في أسلحة الحرب أو في الماكينات، غير أن العلم الحقيقي الذي نشأت عنه هذه التكنولوجيا كتطور فرعي، هذا العلم أقل ذيوعا بين الناس، فنحن نقرأ ما بين الحين والآخر تقارير عن نجاح العلماء البريطانيين في كشف جسيم أولي جديد، أو عن معلومات جديدة عن القوى الذرية الداخلية التي وصلت إليها التجارب باستعمال السيكولوترون العملاق في كاليفورنيا، أو مرة أخرى عن جائزة ستالين تمنح لاثنين من العلماء الروس لأعمالهما في معامل القوقاز على ارتفاعات عالية، ولكن الغرض الحقيقي - الرابطة الشائعة التي تربط كل جهود الناس في مختلف البلدان وتجعلها جزءا من نظام عام - هذا الغرض لم تكد تمسه مناقشة بالرغم من أنه بالتحديد مأرب الفيريقي من الفيزياء الذرية. اننا نجد دائما في عمل الفيزيقي الرغبة القديمة في تفهم موحد للعالم، فحكمه على كل كشف - على الأقل لا شعوريا - يتوقف على قدرة هذا الكشف على أن يقربه من أمله، وهذا ما يجعلني أود أن أتحدث معكم اليوم عن تلك الآراء الأساسية التي تربط التجارب المختلفة والنظريات في الفيزيقا الذرية. أود أن أشرح ماذا نأمل من

علمنا، وماذا يمكن أن يحدث عندما تحقق آمالنا ورغباتنا.

ولكي نصل إلى تفهم لأساس الفيزيقا الذرية فإن علينا أن نتتبع خطوة خطوة الآراء التي قادت الفلسفة الطبيعية الاغريقية منذ ألفين وخمسمائة عام إلى النظرية الذرية، وعلينا إذن أن نحاول البحث عن ارتباط بهذه الآراء الأساسية حتى في آخر منجزات الفيزيقا الذرية، وبذا فلن يكون من التعسف أن أرسم أولا وفي إيجاز تاريخ النظرية الذرية.

هناك عند بدء الفلسفة الأيونية الطبيعية سنجد البيان الشهير لطاليس الملتوسي بأن الماء هو أصل كل الأشياء، وهذا التقرير الذي يبدو لنا اليوم غريبا جدا يشتمل بالفعل ـ كما أشار فردريك نيتشه ـ على ثلاثة آراء فلسفية أساسية، أولها فكرة أن هناك منشأ لكل الأشياء، وثانيها أن مثل هذه المسألة لابد أن يجاب عليها منطقيا، وثالثها أنه لابد أن يكون من المستطاع ـ في النهاية ـ أن «نتفهم العالم» عن طريق مبدأ موحد، ولعل عظمة هذه التضمينات الثلاثة تبدو واضحة إذا علمنا أنه لم يكن هناك على الاطلاق ـ عندئذ ـ ما يوجه الخطى للبحث عن منشأ الأشياء في شيء مادي وليس في الحياة نفسها، لقد كان تقرير طاليس هذا هو أول تقرير يشتمل على فكرة جوهر أساسي موحد متجانس يتكون منه العالم، ولو أنه لم يكن هناك بالتأكيد لكلمة «جوهر» المعنى المادي الخالص الذي نمنحه لها الآن ببساطة.

إذا لم يكن هناك سوى جوهر واحد فإن عليه إذن أن يملأ كل فراغ في انتظام وبلا تمييز، ولن يمكن عندئذ ـ أبدا ـ تفسير ذلك التعدد الهائل الموجود من الظواهر، ولهذا السبب سنجد أن فلسفة أناكسيمندر ـ تلميذ طاليس الذي عاش أيضا في مليتوس ـ ترتكز على استقطاب أساسي: هو المقابلة بين «الموجود» و «الصيرورة»، «فالموجود» المتجانس ينشأ عنه التغير أو «الصيرورة»، وهذه بالتالي تمثل ـ بشكل ما ـ فساد «الموجود» الخالص، وهي تفعل ذلك بأن تشكل حكاية العالم عن طريق الكره والحب. اتخذت «الصيرورة» الأهمية الأولى في فلسفة هرقليطس، وأصبحت النار العنصر الأساسي، المتحرك، ولكنها كانت تمثل أيضا «الطيب» و«النور»؛ وكانت الحرب هي الأب لكل شيء، ثم بنيت بعدئذ ـ لاسيما عن طريق تأثير أناكساجوراس ـ فكرة أن العالم يتكون من بضعة عناصر أولية، ظن أنها متجانسة ولا تفنى، وكان في مزجها أو فصلها سر وجود تباين الحياة؛ واعتقد امبيدو كليس أن العناصر الشهيرة: التراب والماء والهواء والنار هي «الجذور الأصلية» الأربعة.

ومن هذه النقطة تحول لويسبس وديموقريطس إلى المادية، فجعلا استقطاب الموجود واللاموجود شيئا دنيويا، ليصبح المقابل «للملاء» و «الفارغ»، وانكمش «الموجود الخالص» إلى مجرد نقطة تستطيع أن تكرر نفسها لأي عدد من المرات، أصبح إذن لا ينقسم ولا يفني وبذا سمي بالذرة. اختزل العالم إلى ذرات يفصلها الفضاء الفارغ، واعتقد أن مزيج المواد شبيه بخليط نوعين مختلفين من الرمال، وأصبحت خصائص المواد تحدد بالمكان النسبي والحركة النسبية

للذرات، وبذا كانت هذه الأخيرة هي المسؤولة عن التباين في العالم. كان الزمان حتى ذلك الوقت يعتبر شيئا مستحيلا «دون» المادة، ولكنه كان شيئا متعلقا بالمادة، ثم منحته الفلسفة المادية استقلالا خاصا، وأصبح ـ كفضاء خال بين الذرات ـ حامل الهندسة، أي المسؤول عن كل ثروة الاشكال وكل الظواهر المتباينة للعالم. ليس للذرات نفسها أية خصائص، ليس لها لون، ليس لها رائحة ولا طعم. أما خصائص المواد فتنتج بطريقة غير مباشرة عن طريق الوضع النسبي والحركة النسبية للذرات. يقول ديمقريطس:

«كما يمكننا بنفس الحروف كتابة التراجيديا وكتابة الكوميديا، كذا يمكننا أن نعرف الحوادث المتباينة لهذا العالم بنفس الذرات، طالما كانت هذه تشغل أماكن مختلفة وتتخذ حركات متباينة».

«بالعرف يوجد الحلو، بالعرف يوجد المر، بالعرف يوجد اللون، أما الذرات والفراغ (وحدهما) فيوجدان في الواقع».

وبذا فقد تفهمت النظرية الذرية مطلب طاليس الأساسي بضرورة إمكان تفسير الطبيعة عن طريق مبدأ موحد، بأن اعترفت فقط بجوهر أساسي واحد، بشكل أساسي واحد من «الموجود»، هو الذرة؛ وكان هذا الموجود الخالص يقابل الشكل والحركة التي تشخص عملية «الصيرورة» وتسبب جملة الحوادث في الطبيعة. ولقد ميز أفلاطون الذي قبل في محاورة «طيماوس» أفكار النظرية الذرية ـ ميز خمسة أنواع من الذرات تختلف في الشكل وافترض أنها تناظر خمسة جواهر أساسية وقد يبدو للوهلة الأولى أن افتراض وجود خمسة أشكال من الذرات ليس سوى خطوة إلى الوراء، ولكن الواقع أن أفلاطون كان يفكر في كيان واحد يظهر في أشكال مختلفة، ولم يكن تباين الطبيعة إلا نتيجة لتباين التراكيب الرياضية، وقد انعكست كل ثروة الحياة في ثروة من الأشكال الهندسية، كانت، هي نفسها، تنشأ عن ذلك الذي يوجد في الواقع ـ عن الذرات.

لقد لخصت الآن هذا التطور التاريخي لأنه يوضح بجلاء الغرض الأساسي للنظرية الذرية. إن الغرض هو أن نوضح كيف أن العالم يتركب في النهاية من جوهر متجانس، وأنه يرتكز على مبدأ واحد موحد، ومن الضروري أن تعزى الظواهر المتعددة ـ بشكل ما ـ إلى التعدد في التراكيب الرياضية، ولقد أضافت التطورات الأخيرة فوق هذه الآراء الفكرة الهامة القائلة بوجود قوانين طبيعية ثابتة تحكم كل الحوادث، وعلى هذا وضعت التركيبات الرياضية لتبحث في المستقبل، وتسمح لنا بالتنبؤ بالحوادث المستقبلة، ولكن هذه التطورات الأخيرة تتبنى الأفكار الأساسية للنظرية الذرية ـ بلا تغيير تقريبا ـ كما تحتفظ حتى يومنا هذا بقوتها الخالقة.

وقبل أن نناقش مشاكلنا الحالية من وجهة نظر هذه الأفكار الأساسية، أود أن أتعقب تطورها التاريخي إلى مدى أبعد، ذلك لأن مثل هذه الخلفية تمكننا من تفهم مغزى المحاولات التي

تجري في زمننا هذا، ففي بدء الحقبة الحديثة نشأ تصور العناصر الأساسية عن الخبرات الكيمائية، وعلى هذا، فمنذ القرن السابع عشر اعتبرت كل العناصر الأساسية التي لم يعد من الممكن تفتيتها كيميائيا، اعتبرت عناصر أولية منها تتركب كل المواد، ونحن نعرف الآن حوالي خمسة وتسعين عنصرا كيميائيا تكون حوالي نصف مليون مركب كيميائي موجود في الطبيعة، وقد منح لكل عنصر شكلا للذرة، مثل ذرة الكربون أو الأكسجين، واعتبر أن أيا من هذه الذرات لا ينقسم ولا يتحطم، ويتكون المركب عن طريق ترتيب ذرات عناصر مختلفة في مجاميع ذرية، تسمى بالجزيئات، وتمثل مثل هذه المجموعة الذرية أصغر وحدات المركب الكيميائي.

ولقد نجح في النهاية هذا التفسير الذري الفيزيقي للكيمياء في أواخر القرن الثامن عشر، ثم كان بعد ذلك أساس التقدم الهائل في الكيمياء، ولكننا نستطيع أن نقول إن هذا النصر للنظرية الذرية لم يكن عادلا بالنسبة للتصور الأساسي لهذه النظرية، فقد افترض أن العالم يتكون ـ في النهاية ـ من جوهر موحد، ولكن هذا المطلب الأساسي قد فقد، لأن الفرض بوجود حوالي مائة عنصر مختلف تتكون كل المواد ـ بالضرورة ـ من خلطها، هذا الفرض يتضمن درجة من التعقيد تخالف تماما الفرض الأصلي للفيزياء الذرية، وبالرغم من ذلك فقد حقق الكثير من النجاح حتى سلم بالتفسير الذري للكيمياء، وفضلا عن ذلك فقد كان من الحقائق التي لا تقبل المناقشة، حقيقة أنه لم يكن من المستطاع تقسيم العناصر الكيميائية إلى مدى أبعد أو تحويلها عن طريق كيميائي.

غير أن براوت الانجليزي حاول في 1815 أن يتخطى هذه الآراء عندما دافع عن النظرية القائلة بأن كل العناصر تتكون في النهاية من الأيدروجين، وقد كون فكرته هذه عن ملاحظته للأوزان الذرية التي أمكن عندئذ قياسها للمرة الأولى بدقة معقولة، فقد كانت هذه الأوزان بالنسبة للكثير من العناصر الخفيفة مضاعفات كاملة ـ تقريبا ـ لأخف العناصر، الأيدروجين، وبذا فقد كان من السهل الاعتقاد بأن ذرة الهليوم تتكون من أربع ذرات أيدروجين، ومرت مائة عام أخرى قبل أن نتأكد من أن ذرات الكيمياء لم تكن هي وحدات المادة النهائية التي لا تنقسم، أو بمعنى آخر لم تكن هي بالفعل ما عناه الاغريق عندما استعملوا كلمة الذرة.

ولقد قادتنا أبحاث فاراداي باكتشافه للالكترون (أي ذرة الكهرباء أو الاشعاع الذري) في النهاية إلى أنموذج رذوفورد وبوهر الشهيرة، وفتحت بذلك آخر حقبة في الفيزيقا الذرية. فلقد عرفنا ولمدة تبلغ نحو أربعين عاما أنه من الضروري ـ مع بعض التحفظات ـ أن نتخيل ذرة العنصر الكيميائي في شكل نظام شمسي مصغر، يتركز الجزء الأكبر من كتلتها في نواتها موجبة الشحنة والتي يبلغ قطرها نحو 5/10 من قطر الذرة، وحول هذه النواة تدور ألكترونات أخف وزنا يكفي عددها لمعادلة شحنة النواة، أما قطر المدار الخارجي في معظم الذرات فيبلغ نحو 7/10 من المليمتر. أما التحفظات التي أشرت إليها سابقا فتتعلق بالصعوبة الأساسية في وصف العمليات الذرية

باستعمال لغتنا اليومية. فمن الصحيح أننا نعرف القوانين الطبيعية التي تحكم حركة الالكترونات حول النواة، نعرفها لدرجة تمكننا من صياغتها في شكل رياضي بدقة بالغة، ولكننا لا نستطيع ترجمة هذه القوانين إلى صورة يمكن تخيلها إلا في شكل تقريبي فقط، ذلك لأن فرض بلانك للكم ـ الذي تتركز عليه القوانين ـ يحتوي على وجهة لا يمكن من ناحية المبدأ إدراكها.

يتكون غطاء الذرات من نفس «الجوهر» ـ نقصد الالكترونات أخف الجسيمات الأولية، سالبة الشحنة، وتباين أنواع الذرات ليس إلا نتيجة لتباين النوايا، التي لا يمكن التأثير عليها كيميائيا، ولكنا نستطيع أن نقذف النواة بجسيمات أخرى أولية، بسرعة عالية. عندئذ سنجد ـ كما توقعنا منذ زمن ـ أن النواة نفسها مركبة، وأنه من الممكن أن تحول إحدى النوايا الذرية إلى نواة ذرية أخرى. ولقد عرفنا منذ خمسة عشر عاما أن كل النوايا تتكون من نوعين من الوحدات الأولية نسميها البروتونات والنيوترونات، وكانت البروتونات مطابقة لأخف النوايا ـ نوايا الأيدروجين، بينما كانت النيوترونات جسيمات أولية متعادلة كهربائيا لها نفس كتلة البروتون تقريبا، ونحن نعرف عدد البروتونات وعدد النيوترونات التي تحويها كل نواة ذرية، فنواة الأيدروجين مثلا تتكون من بروتون واحد، ونواة الهليوم من بروتونين ونيوترونين، ونواة اليورانيوم الثقيلة من 92 بروتونا، 146 نيوترونا، ويحدد عدد البروتونات الموجودة بالنواة شحنتها وبالتالي الخصائص الكيميائية للذرة.

لقد قادنا الكشف بأن كل النوايا الذرية تتكون من نفس الوحدات، قادنا مباشرة إلى مشكلة يمكن حلها على الأقل نظريا؛ أقصد الخلق الصناعي والتحلل الصناعي للنوايا، فمنذ اكتشف هان بأن النيوترونات تستطيع أن تفك نوايا اليورانيوم، أصبح التحلل الصناعي والبناء الصناعي للنوايا فرعا هاما من التكنولوجيا الحديثة. إننا قادرون الآن بالفعل على أن نحول العنصر الكيميائي إلى آخر.

فإذا ما قارنا الحالة الراهنة للفيزيقا الذرية بحالتها منذ مائة وخمسين عاما فمن الممكن أن نقول فورا إن نظرتنا الحديثة أقرب إلى الغرض الأساسي للنظرية الذرية، وهي تفسير للطبيعة مبني على جوهر متماثل واحد. فبدلا مما يقرب من مائة عنصر كيميائي لدينا الآن، فقط، ثلاثة أشكال أساسية للمادة تسمى ذراتها: الالكترونات، البروتونات، النيوترونات. وكل المواد ـ حية كانت أو غير حية ـ تتكون من هذه الأنواع الثلاثة من الجسيمات الأولية، ولا شيء غيرها، وتنتج الفروق الوصفية عن طريق التنظيمات المختلفة والمواقع النسبية لهذه الوحدات الأساسية الثلاث، أما تعدد الظواهر فهو انعكاس لتعدد التراكيب الرياضية التي يمكن تحقيقها باستعمال هذه الأشكال الثلاثة من «الموجود».

وهذه النقطة الأخيرة لا تميز الفيزيقا الذرية فحسب وإنما تميز أيضا العلم البحث كله، وأود الآن أن أعالجها في تفصيل أكبر مستعملا الكيمياء في التمثيل. نحن نعرف بدقة القوانين التي

تحكم حركة الالكترونات حول النوى، وعلى هذا فإن كل حالة محتملة للذرة ـ كأن توجد مثلا في جزئ معقد ـ لابد أن تناظر حلا للمعادلات التي تمثل هذه القوانين الطبيعية صياغاتنا الرياضية إذن أكثر ثراء في المحتوى إذا قورنت بصياغات الاغريق، فلم نعد مقيدين بالتراكيب الهندسية ولكنا نستعمل نظما معقدة من المعادلات التفاضلية يمكن وصفها ـ خصوصا في الفيزيقا الذرية ـ في فضاء متعدد الأبعاد، وجملة الحلول لمثل هذه المعادلات تناظر جملة الحالات الممكنة للذرة، فالعدد الكبير من المركبات الكيميائية الممكنة يقابله جملة الحلول الممكنة لمعادلات شرودنجر التفاضلية.

غير أننا عندما نعتبر أن الجواهر الأساسية الثلاثة (أي الأنواع الثلاثة من الجسيمات الأولية ـ الالكترونات والبروتونات والنيوترونات) أنها المكونة لكل المادة، فإننا بذلك لا تغطي تماما كل برنامج الفيزيقا الذرية، وإنما نقترب هنا من الهدف الحقيقي للفيزيقا الذرية الحديثة. إذا لم يكن هناك سوى هذه الجسيمات الأولية الثلاثة، فمن الممكن أن نقتنع بأن هناك ثلاثة أنواع مختلفة أساسا من المادة لا يمكن أبدا تحويلها إلى بعضها أو ربطها ببعضها، ولكنا سنجد في الواقع أن المادة تظهر في أشكال أخرى، أهمها الاشعاع. فنحن نعرف منذ أن ربطت المعادلة الشهيرة للنظرية النسبية الطاقة بالكتلة، أن لكل شكل من أشكال الطاقة كتلة، وأنه من الممكن إذن أن تسمى الطاقة شكلا من أشكال المادة. وتبعا لبلانك واينشتين فإن الطاقة في الاشعاع تتركز فيما يسمى كم الضوء الذي يمكن اعتباره نوعا من الجسيمات الأولية. ولقد اكتشفت أيضا جسيمات أولية أخرى، فقد اكتشف أندرسون في أوائل الثلاثينات الالكترون الموجب الشحنة الذي يمكن خلقه عند تحويل الاشعاع إلى مادة، عندما يمر كم ضوء ذي طاقة عالية ـ مثل أشعة إكس ـ بالقرب من أحد النوايا، وينتج إلكترونا سالبا وإلكترونا موجبا. كما وجد أندرسون بعد ذلك بقليل جسيما أوليا جديدا ينتج عن الاشعاعات الكونية في الجو يبلغ ثقله مائتي ضعف الألكترون ويسمى الآن باسم الميزون، إلا أن حياة الميزون قصيرة جدا فهو يختفي بعد فترة تبلغ واحدا على مليون من الثانية ويتحول إلى الكترون وجسيم أولي آخر متعادل، ولقد اكتشف حديثا أيضا بعض جسيمات أولية جديدة لها هي الأخرى حياة قصيرة جدا.

ولقد يبدو لنا بالنظر إلى تطور الفيزيقا الذرية في السنين القليلة الماضية كما لو كانت النظرية الذرية قد بدأت مرة أخرى تنحرف عن هدفها الأساسي، عندما تستبدل ثانية الجواهر الأساسية الثلاثة بفروض أكثر تعقيدا. وهذا السؤال يثير فورا الطبيعة المبهمة للفيزيقا الذرية الحديثة، إن مفاهيمنا الحالية ما زالت تبدو بسيطة جدا؛ فهناك دلائل كثيرة تشير إلى وجود جسيمات أولية أخرى لم تلحظ حتى الآن لأن حياتها قصيرة جدا، كما أن هناك حقيقة أخرى هامة ظهرت تجريبيا وهي أن الجسيمات الأولية تتحول الواحدة منها إلى الأخرى، وصفة اللاتحطيم أيضا لم تعد تنطبق بالمعنى القديم، فسنجد مثلا أنه من الممكن أن ينتج الميزون عن تصادم

نيوتون وبروتون، وهذه عملية تميز ـ على العموم ـ تصادم جسمين أوليين لهما طاقة عالية، فكثيرا ما تتكون في مثل هذه الصدمة جسيمات أولية جديدة، وهذا يحدث بشكل أكثر كلما ازدادت الطاقة الكلية المتاحة، ولعل أفضل وصف لهذه العملية هو أن طاقة التصادم الكلية المتاحة، ولعل أفضل وصف لهذه العملية هو أن طاقة التصادم الكلية المتاحة تستعمل بطريقة احصائية في تكوين جسيمات أولية، وأنها تتوزع بين هذه الجسيمات، وللجسيمات التي تنشأ بهذه الطريقة كتلة محددة وخواص أخرى محددة، وبعضها جسيمات أولية معروفة تماما. ودائما ما تكون الجسيمات من نفس النوع متطابقة في خواصها، وتكون في هذه الحدود موحدة، ولكن من الممكن أن تتحول الواحدة منها إلى الأخرى.

وهذه الخطوة التي لم تقبل إلا في السنين القليلة الماضية تقربنا من الغرض الحقيقي للنظرية الذرية. فلقد وجدنا الآن ـ كما تمنى الاغريق ـ جوهرا واحدا أساسيا، منه يتكون كل الواقع، وإذا كان علينا أن نسمي هذا الجوهر، فلن نسميه إلا «الطاقة»، ولكن هذه «الطاقة» الأساسية لها القدرة على الوجود في أشكال مختلفة. وهي تبدو دائما في كميات محددة نعتبرها دائما أصغر الوحدات التي لا تقبل الانقسام في كل المادة، لا نسميها لأسباب تاريخية محضة باسم الذرات، وإنما نسميها بالجسيمات الأولية، ومن بين الأشكال الأساسية للطاقة هناك ثلاثة أنواع بالذات ثابتة هي الالكترونات والبروتونات والنيوترونات، وتتركب المادة بمعناها الحقيقي من هذه الأشكال الثلاثة بالاضافة إلى طاقة الحركة، كما أن هناك جسيمات تتحرك دائما بسرعة الضوء تشمل الاشعاع، وأخيرا هناك أشكال لها فترة حياة قصيرة، لم نكتشف منها إلا القليل. وعلى هذا فإن تعدد الظواهر الطبيعية يخلق إذن عن طريق تعدد مظاهر الطاقة، تماما كما توقع فلاسفة الاغريق الطبيعيون. فإذا أردنا أن نتفهم كل هذه الظواهر فمن الضروري أن نتمكن من صياغتها في شكل رياضي عن طريق جملة من الحلول لنظام المعادلات، وهنا بالذات نواجه المشكلة الحاسمة للنظرية الذرية الحديثة، ذلك أن الصياغات الرياضية التي تصف خصائص الجسيمات الأولية لم تعرف تماما حتى الآن، في حين أن معرفتنا هي فقط التي ستمكننا من التنبؤ بنتائج التجارب، أقصد سيطرتها على الحوادث بنفس الطريقة التي سارت بها الفيزيقا حتى الآن. ويمكننا أيضا أن نرى أننا لم نكسب الكثير بتحديد جوهر أساسي واحد ذلك لأن كل ثروة الظواهر تكمن في تعبير هذا الجوهر، ولقد وضع كل ما توصلنا إليه من تفهم للمادة ـ في النهاية ـ في شكل معادلات رياضية، ذلك لأنه لا توجد لغة أخرى أفضل لاختصار التعبيرات، ويمكننا أن نقول إن المهمة الحقيقية للفيزيقا الذرية في السنين القليلة التالية أو في العقود التالية ستظل هي الاكتشاف التجريبي والصياغة الرياضية لتلك القوانين الطبيعية التي تحدد كل خواص الجسيمات الأولية ومركباتها، فاكتشاف جسيم جديد في الأشعة الكونية مثلا سيقدم بيانات جديدة عن هذه القوانين، فإذا ما قمنا ببحوث رياضية شاملة لدراسة خواص الأشكال الخطية الثنائية (وهي

التي تستعمل في تمثيل الكميات التي يمكن ملاحظتها في النظرية الذرية الحديثة) فربما أمكننا اكتشاف بعض الصياغات الرياضية التي ستصف أيضا ـ في النظرية المستقبلة ـ خصائص الجسيمات الأولية.

ربما كان من الأفضل أن أذكر الآن شيئا عن الصعوبات الغريبة التي علينا أن نواجهها، آن علينا في أي وصف رياضي للطبيعة أن نقدم رموزا رياضية معينة تستعمل في صياغة المعادلات التي تمثل بدورها قوانين الطبيعة، مثلما نستعمل في صياغة المعادلات التي تمثل بدورها قوانين الطبيعة، مثلما نستعمل مثلا رموزا للمكان والسرعة للجسيمات في ميكانيكا نيوتن، وعندما نستعمل أيا من الرموز الشائعة ـ مثلا احداثيات الجسيم ـ فإننا نعني بالفعل ضمنا وجود جسيم معين، إلا أن النقطة الحاسمة في المرحلة الأخيرة للفيزيقا الذرية هي أننا لم نعد نسلم بالجسيمات هكذا، لأننا نود تفهم وجودها وخصائصها، وعلى هذا فإننا لا نستطيع بشكل مفهوم أن نفترض احداثيات وكتلة لجسيم محدد، ويبزغ السؤال عما يمكن أن نستخدمه. إننا حقا لم نطور بعد الوسائل الرياضية التي يمكن بها إدراك الحوادث المعقدة على مستوى ذري. ومن الطبيعي أنه من الممكن القول أنه بالرغم من أن الجسيمات لا يمكن في دقة «أن تُفرض» وإنما لابد أن «تُحدّد»، إلا أن لها مكانا ولها كتلة بحيث يمكن على أي حال أن تضمن هذه المتغيرات في المعادلات، ولكن هل من الصحيح فعلا أن الجسيم له مكان؟ إن له بالتأكيد مكانا يحدد بدرجة عالية من الدقة، ولكن أليس من المحتمل وجود حدود للدقة مشابهة ـ أو ربما كانت أكثر صرامة ـ لما حدث في ميكانيكا الكم؟ يمكننا أن نحس مدى ضخامة الصعوبات التي فُرضَ على نظرية الذرة أن تخضعها. إلا أنه من المعقول جدا أن نتمكن في المستقبل القريب من كتابة معادلة واحدة نستنبط منها خصائص المادة عموما.

فإذا نجحنا في ذلك حقا، فإن النظرية الذرية ستصل إلى هدفها النهائي، ويصبح من المشوق أن نعرف ماذا سنكون قد حققنا. سنتفهم أولا وحدة المادة كلها بنفس المعنى الذي استعمله الاغريق. فالمادة كلها تتركب من نفس الجوهر، من الطاقة التي تعبر عن نفسها في أشكال مختلفة، وهناك مجموعة من الحلول لنظام من المعادلات يحكم مجموعة الأشكال هذه، وهذا يعني أنه من الممكن التنبؤ بنتائج التجارب في الفيزيقا الحديثة، على الأقل من ناحية المبدأ، ويمكننا أيضا أن نفترض أن هذه الصيغ الرياضية لن تنطبق فقط على نوع الفيزيقا الحديثة، لأن الفيزيقا الذرية المعاصرة نفسها تشمل ـ على الأقل من ناحية المبدأ ـ الكيمياء والميكانيكا والضوء والحرارة والكهرباء. وهذا بالتأكيد سينطبق على النظرية الذرية في المستقبل، وعندما نستعمل التعبير «من ناحية المبدأ» على أنه الحد، فإننا نعني أننا سنجد في معظم الحالات أن السيطرة الرياضية الكاملة على مشكلة ما غير ممكنة. لأن رياضياتنا لا تستطيع أن تتعامل مع مثل هذه التعقيدات، وعلى هذا فليس من المؤكد على الاطلاق أن ينتج عن حل المشكلة الأساسية

الشيء الكثير الذي يصلح للتطبيق العملي، ولكن تعبير «من ناحية المبدأ» يعني أيضا أنه من الجائز أن يكون لحل المسائل الأساسية استعمالاته في كل الحالات التي علينا فيها أن نتعامل مع حل مشكلة معينة.

هناك حالتان للمساءلة عن المدى الذي ستصل إليه النظرية الذرية الحديثة في مقابلة متطلبات الفلاسفة الاغريق. كانت الصيغ الرياضية في أذهان الاغريق هي الأشكال الهندسية التي يمكن تطويرها، والتي يمكن تعقبها إلى الفضاء الفارغ عن طريق الذرات، فهل يمكن أن توضع الصيغ الرياضية لنظريتنا الذرية - على نفس النمط - في شكل تصويري ثانيا، لقد شرعت النظرية الذرية الاغريقية في تفسير خصائص الواقع كله، العمليات الذهنية والكائنات الحية وكذا العمليات المادية البحتة، وقال ديوقريطس: «ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ»، فهل ترتبط النظرية الذرية الحديثة فقط بحقل ضيق؟ وهل علينا أن نفترض بجانب الذرات وجود شيء آخر، كالروح مثلا؟ أم مازالت نظريتنا أيضا تعتنق أن «ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ»؟.

لقد عولج السؤال الأول كثيرا. والواقع أن تفهم الفيزيقا الذرية الحديثة أقل مما تمنى العلماء الأوائل، إلا أننا قد توافقنا مع ذلك، لأن الطبيعة علمتنا أنها مرتبطة بقوة وثبات مع وجود الذرة، ويمكننا أن نطرح الموضوع بالشكل الآتي: إن كل ما يمكن تخيله أو تصوره لا يمكن أن تكون له صفة اللا انقسام، فالقابلية للانقسام والتجانس - كمبدأ - بالنسبة للجسيمات الأولية تجعلنا نتفهم تماما السبب في أن تصبح الصيغ الرياضية للنظرية الذرية صعبة التصور، بل يصبح من غير الطبيعي - إذا ما كانت الذرة تفتقر لكل الخصائص العامة للمادة كاللون والرائحة والطعم وقوة الشد - أن تحتفظ بالخصائص الهندسية. ولكن الأكثر قبولا هو أن نقول أنه من الممكن أن تُمنح كل هذه الخصائص للذرة، ولكن ببعض التحفظات، ومثل هذه التحفظات قد تمكننا مؤخرا من أن نربط الفضاء والمادة بشكل أوثق، وعندئذ فلن يبقى مفهوما الذرة والفضاء الفارغ متجاورين ومستقلين في نفس الوقت تماما عن بعضهما البعض، وفي هذه النقطة سنجد أن نظريتنا الذرية أكثر تماسكا من نظرية الاغريق.

أما السؤال الثاني فعلينا أن نناقشه بتفصيل أكثر: كانت جملة «ليس هناك سوى ذرات» تعني بالنسبة للإغريق أنه لابد بشكل أو آخر أن نعتبر كل الحوادث المادية والروحية حركات للذرات، وهذا سينطبق أيضا على الفيزيقا طالما كانت كل العمليات مرتبطة بالتغيرات في الطاقة ومرتبطة - بسبب التركيب الذري للطاقة - بحركة الذرات، ولكن مفهومي «الروح» و«الحياة» لا يظهران بالتأكيد في الفيزيقا الذرية، ولا يمكن استنباطهما - ولا حتى عن طريق غير مباشر - كنتائج معقدة لبعض قوانين الطبيعة، فوجودهما بالتأكيد لا يعني وجود أي جوهر أساسي خلاف المادة، وإنما يوضح فقط عمل أنواع أخرى من الأشكال لا يمكننا ملاءمتها مع صيغ الفيزيقا الذرية الحديثة. ويستتبع هذا إذن أن التراكيب الرياضية للفيزيقا الذرية محدودة التطبيق في حقول

معينة من الخبرة، وأننا إذا أردنا وصف العمليات الحية أو الذهنية فلابد من أن نوسع هذه التراكيب، وربما كان من الضروري أن نقدم مفاهيم أخرى جديدة يمكن أن تُربط دون تعارض مع نظم المفاهيم الموجودة، وربما أصبح من الضروري أيضا أن نَحدّ من المفاهيم السابقة للنظرية الذرية بأن نلحق بها شروطا معينة جديدة، ويمكننا في كلتا الحالتين أن نعتبر مثل هذا الامتداد شكلا أوسع للنظرية الذرية، وليس نظرية تشرح فقط حوادث أساسيةَ الاختلاف.

فإذا قبلنا هذا التعريف الواسع للنظرية الذرية فيمكننا أن نرى فورا مدى بعدنا الآن عن كمالها، فهذا التعريف يعادل في الواقع مساواة «النظرية الذرية» بوصف الواقع كله، وهذه المهمة بالطبع ستكون لا نهائية، ولا يمكن إكمالها أبدا، ويمكننا «تخيل» ختاما للنظرية الذرية إذا قبلناها بالمعنى المحدود الذي رسمته فيما سبق، نظرية تتعامل فقط مع صيغ رياضية خاصة تخدم في وصف خصائص الجسيمات الأولية والقوانين التي تحكم تحولها تحت الطاقات العالية، وقد تكون هذه الصيغ الرياضية واسعة التطبيق ولكننا لا نستطيع التنبؤ باتساع مداها.

وحتى لو قبلنا التفسير الثاني لفكرة «النظرية الذرية»، أقصد القائل بأن «ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ» فإن المادية المتضمنة هنا لا تشير إطلاقا إلى ذلك الميل المعادي «للروحية» الذي عادة ما نربطه بهذه الكلمة، وأرجو أن يكون فيما شرحت ما يجعل هذا الموضوع واضحا.

وقد نسأل أيضا عما إذا كنا نستطيع أن نتكلم عن المادية في هذا السياق. «فكما يمكن كتابة التراجيديا والكوميديا باستعمال نفس الحروف، كذلك يمكن تحقيق الكثير من الحوادث المتباينة في هذا العالم باستعمال نفس الذرات، طالما كانت هذه الحوادث تشمل أماكن مختلفة وتتخذ حركات متباينة».

ومن المهم أن نتفهم خطوط الذرات، فهذا شيء لم يفكر فيه الانسان من قبل، إن له معنى أعمق بكثير، فحتى إذا ما تمكنا من السيطرة عليه وتفهمه فدعنا لا ننسى أن المهم في التراجيديا والكوميديا هو المحتوى وليست الكلمات، وأن هذا ينطبق تماما على عالمنا.

ف. هايزنبرج، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية. المرجع السابق، ص ص 99 - 133.

# 5.3 . المَسَائلُ الأَسَاسيّة فِي الفِيزيقَا الحَديثَة*
## ف . هَايزنْبَرغ

عندما أحاضركم عن المسائل الأساسية في الفيزيقا الحديثة فإنني لا أريد أن أعرض مجرد مسح لمضمون الفيزيقا كما تطورت خلال الثلاثين عاما الماضية، ولا أشك أن المراجعة العجيبة لأساسيات العلم البحت والتي دفعتنا إليها النتائج التجريبية خلال العقود الماضية المرتكزة على استعمال أجهزة أكثر حساسية قد نوقشت هنا بتوسع.

أفضل إذن أن أضع فورا السؤال: كيف أصبحت مثل هذه المراجعة لمفاهيمنا الفيزيقية الأساسية ممكنة؟ وعلى ضوء هذه المراجعة، ما هو «مضمون الحقيقة» للفيزيقا الكلاسيكية والحديثة؟

وعندما نضع السؤال بهذا الشكل، فإننا نتحسس مجموعة المشاكل التي أثارها بوهر وناقشها بجدية، مبتدئا من المقدمات الأساسية لنظرية الكم، وهذه النظرية ليست بنظرية تفهم حقيقة للعلم بقدر ما هي إدراك للقوانين الأساسية التي يرتكز عليها تركيب الفيزيقا الحديثة.

تقوم الفيزيقا الكلاسيكية على نظام من البديهيات الرياضية المختصرة، يُحدّد محتواها الفيزيقي بالكلمات المختارة التي تستخدم للتعبير عنها وتُحدّدُ هذه إذن في جلاء تطبيق مجموعة البديهيات هذه على الطبيعة، وعلى هذا تبدو صحة الفيزيقا الكلاسيكية مطلقة، شأنها شأن أي نص رياضي آخر، إن دعوى الفيزيقا الكلاسيكية دقيقة ومحددة.

وحيثما يمكن التطبيق المباشر لمفاهيم مثل الكتلة والسرعة والقوة فسنجد أن قانون نيوتن القائل بأن القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة في العجلة صحيح، وفي هذا ما يبين صحة ميكانيكا نيوتن، ومن الممكن أن نرى مدى التأكد من هذه الصلاحية في حقيقة أن قوانين أرشميدس عن الرافعة البسيطة لا تزال تكوّن حتى اليوم الأساس النظري لكل آلات رفع الأثقال. وفي الحقيقة أنه ليس هناك أدنى شك في أنها ستظل كذلك دائما، ورغم ذلك فلقد كانت ضرورة مراجعة الميكانيكا الكلاسيكية هي إحدى نتائج الفيزيقا الحديثة. ولكي نتفهم هذا فإن علينا أن نختبر بشكل أدق طبيعة هذه المراجعة، إذا ما أخذنا أساس الفيزيقا الحديثة في الاعتبار فسنجد في الواقع أنه لا ينقض صحة الفيزيقا الكلاسيكية، انما نتجت ضرورة المراجعة ـ أو في الحقيقة إمكانية المراجعة ـ عن المجالات التي نقابلها عند تطبيق مجموعة المفاهيم في الفيزيقا الكلاسيكسة أي أن الفيزيقا الحديثة لم تقيد صحة القوانين الكلاسيكية وإنما حددت إمكانيات تطبيقاتها. فعلى سبيل

* محاضرة ألقيت في جامعة فيينا في 24 نوفمبر 1935.

المثال، سنجد أن الخبرات التي تكوّن أساس نظرية النسبية قد بينت أن مفهوم الزمن البسيط في ميكانيكا نيوتن يفقد أهميته إذا كنا نتعامل مع أجسام تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء، فمن المستحيل مثلا أن نتخيل ساعة تستطيع أن تقيس قيمة المقدار (ت) في معادلات نيوتن، وهذا هو السبب في أنه لا يمكن تطبيق قوانين نيوتن في هذا الوضع، وسنعطي الآن مثالا من الفيزيقا النووية يوضح الجانب الإيجابي لهذه الجملة. من الممكن أن نطبق قوانين الميكانيكا الكلاسيكية على الالكترون، فقط في المدى الذي يمكن فيه اختبار مساره في غرفة ويلسون السحابية، فهذه الميكانيكا تستطيع أن تتنبأ بالمسار الصحيح للالكترونات. ولكن، إذا لم نلاحظ مسار الالكترون، وانعكس هذا على محزوز حيود فسيختفي الأساس لتطبيق واضح لمفهوم الفضاء والسرعة، ويصبح تطبيق القوانين الكلاسيكية على مثل هذه العملية غير ممكن.

وهذه الحالة تبين بوضوح أن امكانية مراجعة القوانين المضبوطة للفيزيقا الكلاسيكية تنشأ كنتيجة لنقص الدقة في المفاهيم التي تستعملها هذه القوانين، وعلى هذا فبينما نجد مقادير مثل س x، ت T، م M في ميكانيكا نيوتن مرتبطة في وضوح تام عن طريق مجموعة من المعادلات لا تحتوي حلولها على أي من درجات الانطلاق خلاف الشروط البدائية، إلا أننا سنجد أن كلمات «الفضاء والزمن والكتلة» التي تنتسب للمقادير سالفة الذكر، هذه الكلمات ستصبح بكل النقص في الدقة الذي نقنع به في حياتنا اليومية، ومن الصحيح أن إحدى الخبرات الأساسية التي تكيف علمنا هي أنه من الممكن لحد ما أن يتحقق الاتصال بالآخرين عن طريق هذه الكلمات، غير أن هذا ممكن فقط من خلال تحليل مضبوط لصحة هذه المفاهيم، وهذا بالتالي يمكن تحقيقه إذا ما وجد نظام أبسط من المفاهيم يمكننا أن نثق فيه ضمنا، وعلى هذا فإن صحة الفيزيقا الكلاسيكية تحدد بدرجة القصور في دقة المفاهيم المضمنة في بديهياتها.

يمكننا أن نرى الآن كيف أن العلم يقع في خطر الاندفاع إلى مراجعة أساسه إذا تحول عن حقل الخبرات العامة. إذ تفقد مفاهيمه الحالية أهميتها عند العرض المنظم للمكتشفات الجديدة. ويبدو أنه من الممكن أن نتلافى هذا الخطر ـ من البداية ـ إذا ما طبقنا كل المفاهيم، فقط في الحدود التي تُبنى عليها من الخبرة، بمعنى أن العلم الحديث يجب أن تسبقه تنقية للغة، تزيل كل التعبيرات والمفاهيم المبهمة. ولكن مثل هذا البرنامج لا يمكن أبدا أن يتحقق، إذ ستحتاج أكثر التعبيرات شيوعا إلى المراجعة، ولن يمكننا أن نعرف ماذا سيتبقى لنا من لغتنا، كما لا يوجد أي معيار يسمح بتقدير مسبق عما إذا كان تطبيق تعبير معين سيقبل أو لا، لقد كان من الممكن أن نعبر عن تجارب غرفة ويلسون السحابية ـ فيما قبل نظرية الكم ـ كما يلي: «إننا نرى في الغرفة السحابية أن الالكترون قد اتخذ هذا المسار أو ذاك»، والواقع أننا كم نستطيع قبول هذا على أنه وصف بسيط للحقائق التجريبية، وكان لابد أن يمر بعض الوقت لكي نعرف ـ عن طريق تجارب أخرى ـ الطبيعة المبهمة لتعبير «مسار الالكترون»، وعلى هذا، يبدو أن التقدم الوحيد الممكن

للعلم يكمن ـ في المقام الأول ـ في الاستعمال ـ دون تردد ـ للتعبيرات الموجودة لوصف المكتشفات، وفي مراجعة هذه الاصطلاحات من آن لآخر لتوفية احتياجات المكتشفات الجديدة. أما المطالبة بتوضيح مسبق، فلا يوازيه إلا التنبؤ عن طريق التحليل المنطقي لكل التطور المستقبل للعلم، وعلى هذا فمن الواضح أن نقص الدقة الموجود في نظم مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية شيء ضروري، وعلينا إذن أن نتفق مع الفكرة القائلة بأن الأجزاء المضبوطة رياضيا من الفيزيقا ـ حتى هذه ـ إنما تمثل جهودا تجريبية نشق بها طريقا من خلال ثروة من الظواهر، وهذا كما يتضح لنا ينطبق على كل من الفيزيقا الحديثة والكلاسيكية، ذلك أنه إذا ما كانت نظرية النسبية قد عالجت بعض الغموض في مفهوم الزمن، وإذا ما كانت نظرية الكم قد عالجت بعض الغموض في مفهوم المادة، فإننا لا نشك في أن التطور العلمي في المستقبل سيحتم مراجعات جديدة، وفي أن المفاهيم التي نستعملها اليوم سيثبت أنها محدودة التطبيق بالنسبة لمعنى لم يعرف بعد.

من الملائم هنا أن نسأل: كيف نستطيع أصلا أن نتكلم عن علم بحت؟ للاجابة على هذا السؤال دعنا نذكر مثالا عن مدى صحة الميكانيكا الكلاسيكية، فطالما كان التطبيق دون تردد لمفاهيم الفضاء والسرعة والكتلة ... إلخ، ممكنا، فمن الممكن بالتأكيد تطبيق قواعد نيوتن ـ وهذا يسري بلا شك أيضا على كل خبرات حياتنا اليومية ـ هذه القوانين إذن تمثل كمالا نبلغه إذا ما أخذنا في الاعتبار فقط تلك الأجزاء من الخبرة التي يمكن أن «تنظم» عن طريق مفهوم الفضاء والزمن ... إلخ، وعلى هذا فإن صياغة المفاهيم في الميكانيكا الكلاسيكية ـ إذا نظرنا إليها من هذه الوجهة ـ ستبدو مجرد امتداد مترابط للغة، وهنا أيضا، سنجد أن كل تعبير إنما يمثل محاولة لاشعورية لتعريف نظام وطريق لنقل خبرات معينة، وذلك عن طريق تأكيد اتجاهات شائعة وتقديم تسمية مناسبة، وكما أن أي تطور جديد في اللغة ممكن فقط إذا بني على الكلمات والتعبيرات الموجودة بالفعل، فكذا في الفيزيقا؛ سنجد أن مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية تشكل اللوازم الضرورية للبحث في الظواهر الذرية، وعلى هذا، فإذا نظرنا إلى الفيزيقا الكلاسيكية ككل، فسنجد كمالها الأساسي يكمن في ترتيبها للخبرات بافتراض وجود حوادث موضوعية في الزمن والفضاء. تقدم الفيزيقا الكلاسيكية بشكل ما ـ أوضح تعبير لمفهوم المادة في كونها تحاول أن تجعل وصف العالم أكثر ما يكون استقلالا عن خبراتنا الذاتية. ولهذا السبب فإن مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية ستظل دائما الأساس لأي علم مضبوط وموضوعي، ولأننا نطلب إمكانية تحقيق نتائج العلم تجريبيا (نقصد عن طريق القياسات المدونة على جهاز مناسب) فإننا نضطر لأن نصوغ هذه النتائج بلغة الفيزيقا الكلاسيكية، وعلى هذا فلكي نتفهم نظرية النسبية ـ مثلا ـ فمن الضروري أن نؤكد ـ عند استعمال أجهزة لقياس انحراف ضوء الشمس ـ أن صحة الهندسة الاقليدية قد فرضت مسبقا في نفس هذه الأجهزة التي ستوضح التباين من نفس هذه الهندسة الأقليدية، ومن الممكن أيضا أن نبين ـ كما أكد دنجلر مثلا ـ أن نفس الطرق المستعملة في صناعة هذه الأجهزة

تدفع بصحة هندسة إقليدس لهذه الآلات (في حدود درجة دقتها) وبنفس الشكل، لابد أن يكون باستطاعتها ـ في أية مناقشة لتجارب الفيزيقا الذرية ـ أن نتكلم دون تردد أو لعثمة عن حوادث موضوعية في الزمن والفضاء، وسنجد الأمثلة المقنعة في التجارب التي توضح وجود النيوتونات عن طريق النشاط الاشعاعي الصناعي الذي تسببه، ومما لاشك فيه أنه لا يمكن تفهم العمليات الفيزيقية وراء هذه التجارب إلا باستعمال مفاهيم نظرية الكم، ورغم ذلك فإن هذه التجارب تلائم عملية القياس، ذلك لأننا نستطيع أن نعبر عن نتائجها في صيغة كلاسيكية، دون أن نعير الصفة المجردة لعلاقة «الكم النظري» أي اهتمام. وعلى هذا: «فعن طريقة النشاط الاشعاعي الصناعي نستطيع أن نقرر أننا وجدنا نيوترونا (أي جسيما معينا) في هذا المكان المحدد وفي ذلك الوقت».

وعلى هذا، فبينما تبدو «قوانين» الفيزيقا الكلاسيكية من وجهة نظر الفيزيقا الحديثة مجرد حالات محددة لارتباطات أكثر عمومية وتجريدا، فإن «المفاهيم» المرتبطة بهذه القوانين تبقى جزءا من لغة العلم لا يمكن الاستغناء عنه، جزءا بدونه لا نستطيع حتى أن نتكلم عن النتائج العلمية.

ربما شكلت هذه الحقيقة فيما قبل اكتشاف نظرية الكم السبب الرئيسي للاعتقاد بأن المفاهيم الكلاسيكية لابد أن تكون مقومات كل نظرية فيزيقية في أي زمن، وحتى في يومنا هذا، سنجد أن نقد نظرية النسبية والكم (وهو نقد أعتقد أنه خاطئ) إنما يرتكز على نفس الخط، وعلى هذا يقال: إنه من المستحيل أن نجعل الزمن نسبيا، لأننا نفترض مسبقا زمنا مطلقا عند مناقشة أي قياس، أو يقال في حالة نظرية الكم: أنه لابد أن يظل استعمال القوانين الاحصائية دائما غير كاف لوصف الطبيعة، وأيضا: إن عدم القدرة على التنبؤ بالحادثة لا يمكن إلا أن يعتبر دلالة على مشكلة لم تحل بعد، وعلى هذا فإن السؤال الذي لابد أن يطرح هو: كيف تكتسب الفيزيقا الحديثة الحرية لتتخطى حدود المفاهيم الكلاسيكية؟.

كان المدى المتسع للخبرة التكنيكية هو أول ما دفعنا إلى أن نتخلى عن حدود المفاهيم الكلاسيكية، فلم تعد هذه المفاهيم ملائمة للطبيعة، كما وصلت إليها معرفتنا، ففي مرة يمكننا أن نلاحظ مسار الالكترون المتحرك كجسيم في غرفة ويلسون السحابية، وفي مرة أخرى سنجده ينعكس على حائط انكسار كما لو كان موجة، ولم تعد لغة الفيزيقا الكلاسيكية قادرة على أن تعبر عن هاتين الملحوظتين كنتيجتين لنفس الكيان، وكان علينا قبل كل شيء أن نحدد بشكل أدق الأوضاع التي تصبح فيها المفاهيم الكلاسيكية مبهمة عند التطبيق.

إن لب أية نظرية حديثة إنما هو في تحديد النقطة المضبوطة التي يصبح عندها التطور خارج المفاهيم الكلاسيكية ممكنا منطقيا، وعلى هذا فإن قلب نظرية النسبية الخاصة هو التقرير بأن تزامن حادثتين في مكانين مختلفين هو مفهوم مبهم، وبنفس الشكل سنجد أن نظرية الكم قد

أعطت أهمية قصوى للتقرير بأنه لا معنى للحديث الآنى عن مكان محدد وعن حركة محددة للجسيم، ولقد وضع نفس هذين التقريرين مرارا في صورة أخرى هي : أن قضية «الآنية الحقيقية» لحادثتين هي مشكلة «باطلة» شأنها شأن المكان المضبوط والحركة المضبوطة للجسيم، هذه المسائل لا إجابة لها لأنها مطروحة بشكل خاطئ. والواقع أن هذه الصياغة تحوي الجوهر المنطقي للوضع الذي نواجهه، فهي تصرح بأوضح وسيلة بأن المفاهيم التي نجبر على استعمالها للتعبير عن خبراتنا، هي مفاهيم مبهمة لدرجة لا يمكن معها أن تعلل تماما حقائق الطبيعة، فالشيء الحاسم إذن ليس هو التقرير بوجود مشاكل «باطلة» وإنما سبب وجود هذه المشاكل.

تقرر نظرية النسبية الخاصة أنه ليس هنالك من وسيلة ـ حتى الآن ـ لنقل الاشارات بسرعة تفوق سرعة الضوء، وعلى هذا يصبح من المستحيل أن نعطي تعريفا واضحا لمقياس زمني مطلق، غير أن هذا تقرير سلبي، ولن يصبح من الممكن وجود تنظيم للخبرة كاف منطقيا إلا ـ فقط ـ عن طريق الفرض بأنه من المستحيل «من ناحية المبدأ» أن ننقل الاشارات بسرعة تفوق سرعة الضوء، وبالتالي الفرض بثبات سرعة الضوء، وهذه الخطوة الثانية الايجابية وحدها هي التي تبرر التقرير بأن مسألة المقياس الزمني المطلق مسألة «باطلة» ونفس الشيء ينطبق على نظرية الكم، فإن تقييداتها للمفاهيم الكلاسيكية كما تعرب عنها العلاقات اللاحتمية قد اكتسبت قيمتها الخالقة فقط بأن جعلتها مسائل مبدأ، فهي عندئذ تقدم الحرية اللازمة للترتيب المتناسق اللامتعارض لخبرتنا، ولقد كان نظام البديهيات الرياضية لميكانيكا الكم والموجية هو وحده الذي خول لنا أن نضع مسألة المكان والحركة كمشكلة «باطلة».

لقد أصبح الشرط المسبق لتفهم الفيزيقا الحديثة هو تقدير الموقف المنطقي الذي تصبح فيه مسألة تبدو لها صحة الصياغة خالية من المعنى، ومن ناحية أخرى فإن الفيزيقا الحديثة توضح أنه من الممكن تحت الشرط التالي الاستبعاد المثمر لمسألة ما على أنها مشكلة «باطلة» : «لابد أن يخلق هذا الاستبعاد الحرية اللازمة لإقامة العلاقات البينية المجردة المطلوبة»، فنحن نستعمل عند معالجتنا لوصف الطبيعة مفاهيم تفتقر إلى الدقة في بعض النواحي، ولو أننا لا نستطيع أن نقدر ذلك عند الوصف، غير أن اكتشاف نقاط الضعف لن يقودنا إلى معرفة جديدة إلا إذا كان من الممكن استعمالها بطريقة محددة في تقدير أشكال جديدة من العلاقات البينية، وطالما كنا لا نفعل ذلك فسنبقى بلا معيار موثوق نحكم به عما إذا كان للمشكلة معنى، ولابد أن نكتفي في معالجة قضايا الفيزيقا ـ حتى ما يصاغ منها رياضيا ـ بالصورة الكلامية فقط، لأننا لا نستطيع أن نعرف حدود دقة التعبيرات والمفاهيم المستعملة، إننا لا نحاول إلا أن نجعل خبرتنا مع الطبيعة معقولة لأنفسنا وللآخرين.

ورغم ذلك، فإذا ما أقمنا هذه العلاقات الجديدة فإننا نستطيع الولوج إلى عالم جديد من المفاهيم يختلف وصفيا عن العالم القديم. وبهذا الشكل تمثل نظريتا النسبية والكم الخطوة الأولى

الحاسمة خارج نطاق المفاهيم التصويرية نحو ميدان مجرد، لم يمس من قبل، ميدان لا تترك طبيعة العلاقات المكتشفة به أي شك في أنه لا يمكن التراجع في هذه الخطوات، ومن الطبيعي أن هذه العلاقات الجديدة لا يمكنها أن تدعي أنها تستعمل مفاهيم أفضل تحديدا من المفاهيم الكلاسيكية، بل ربما كان من الضروري أن تراجع في المستقبل، ورغم ذلك فإن المفاهيم الناشئة في هاتين النظريتين قد أكدت نفسها ـ في تنظيم الخبرات الأكثر دقة ـ لدرجة جعلتنا نعتقد أنها ملائمة لخبراتنا الجديدة ملاءمة المفاهيم القديمة لخبراتنا اليومية، وعلى هذا فستبقى هذه المفاهيم بدورها الشرط المسبق لأي تطور جديد في المستقبل. وعلى أي حال، فإن اكتشاف نظام جديد من المفاهيم لا يعني أكثر من طريقة جديدة في الفكر، وهذه لا يمكن أن تتلاشى هكذا.

ولهذا السبب لا يستطيع الموقف الحقيقي لعلمنا أن يؤكد الأمل ـ الذي نسمعه أحيانا ـ في أننا قد نستطيع استعمال المفاهيم الكلاسيكية في تنظيم الظواهر النسبية والذرية، أما الأكثر احتمالا، فهو أن هناك مجالا معينا للخبرة يمكن تفسيره عن طريق ميكانيكا شرودنجر الموجية، وليس عن طريق الميكانيكا الكلاسيكية، ولابد أن نفترض أنه حتى النواحي الأقل استساغة من قوانين ميكانيكا الكم ستبقى أجزاء مكملة للعلم النظري، وعلى سبيل المثال، أحب أن أناقش التسليم النهائي بالصفة الإحصائية لمكانيكا الكم وعما إذا كان هناك أمل في مد وتكملة ميكانيكا الكم على أساس حتمي. الواقع أنه لا يبدو مجال للاعتراض على الفرض بأن لذرات الراديوم ـ مثلا ـ خواص لم تعرف بعد، تحدد بدقة وقت إطلاقها لأحد جسيمات ألفا واتجاه هذا الجسيم، ورغم ذلك فإن التحليل الأكثر تفصيلا يوضح أن مثل هذا الفرض سيدفعنا لأن نقول بخطأ تلك التقارير في نظرية الكم التي تسمح بالتنبؤ الرياضي الدقيق للنتائج التجريبية. إن لدينا حتى الآن السبب الكافي كيما نعتمد على هذه الأجزاء من ميكانيكا الكم. وأود أن أناقش هذا بتفصيل أوسع.

نقطة البداية في أية تجربة في فيزيقا الذرة هي الوضع الآتي: يضع الباحث بمساعدة أحد الأجهزة المعقدة أسئلة للطبيعة موجهة ناحية إقامة إحدى العمليات الموضوعية في الفضاء والزمن، فقد نريد مثلا أن نعرف ما إذا كان الالكترون ينعكس في مكان معين، وهذا الوضع يستتبعه أوتوماتيكيا ـ عند المعالجة الرياضية للعملية ـ ضرورة وضع خط فاصل بين الجهاز الذي نستعمله ليساعدنا في وضع السؤال ـ والذي نعامله إذن كجزء منا ـ، من جهة، وبين النظم الفيزيقية التي نود فحصها من ناحية أخرى، ويمثل الجزء الأخير رياضيا بالدالة الموجية، وهذه الدالة ـ تبعا لنظرية الكم ـ تتكون من معادلة تفاضلية تحدد ـ من الوضع الحالي للدالة ـ أية حالة مستقبلة، ولكننا في صنع الأجهزة نقبل القوانين المصاغة في تعبيرات المفاهيم الكلاسيكية. ونشعر أن لنا حق استعمالها في أغراض القياس، تحدد طبيعة المشكلة فورا الخط الفاصل بين النظام الذي نفحصه وجهاز القياس. ولكن من الواضح أنها لا تشير إلى أي انفصال في نفس العملية

الفيزيقية. ولهذا السبب فلابد من وجود حرية كاملة ـ في حدود معينة ـ في اختيار «مكان» الخط الفاصل، ومن الطبيعي أن الواجب ألا يعارض سلوك جهاز القياس قوانين ميكانيكا الكم. والواقع أن ميكانيكا الكم تتضمن الميكانيكا الكلاسيكية كحالات خاصة. وأنه من الممكن أن نختار مكان الخط الفاصل بحرية في حدود معينة تتخذ قوانين ميكانيكا الكم طبيعتها الاحصائية عند الخط الفاصل فقط. لأنه من الممكن أن تصاغ الارتباطات الفيزيقية على كل من جانبي الخط بشكل غير غامض. ويخلق احتمال العلاقات البينية الاحصائية فقط إذا وضعنا في الاعتبار أن تأثير جهاز القياس على ما هو تحت القياس هو اقلاق جزئي لا يمكن السيطرة عليه من ناحية المبدأ. وعلى هذا فإن المجال الوحيد لأية إضافة تحديدية إلى ميكانيكا الكم ستكون عند هذا الخط الفاصل، ولما كان من الضروري أن تسمى الخواص الفيزيقية الجديدة المطلوب تحديدها إلى نظام معين، فلابد إذن من وقوع تعارض ـ بمجرد إزالة الخط الفاصل من النظام ـ بين النتائج المنطقية للخواص الجديدة وبين علاقات نظرية الكم، ذلك لأن الخواص الفيزيقية الجديدة لما هو تحت الفحص ـ والتي نفترض أنها تملأ الفجوات في القوانين الاحصائية ـ لابد أن تبدو الآن وبعد إزالة الخط الفاصل، في وضع ليس به أي مجال لأية إضافة، وكل ما تستطيعه إذن هو أن تقلق الارتباطات المحددة تماما والموجودة حاليا.

هذا التسلسل في التفكير ينطبق بالذات على حالة التحلل الاشعاعي، فجسيمات ألفا التي تطلقها النواة تنعكس على حائل انكسار تبعا لطاقاتها المعروفة بالدقة، في اتجاهات محددة بوضوح، وهذه الاتجاهات تعينها خواص الحائل كله، فإذا ما وجدت مثلا خاصية غير معروفة لذرة الراديوم تسمح لنا بأن نتنبأ بالاتجاه الذي ينطلق فيه جسيم ألفا، فإننا نستطيع أيضا أن نتنبأ على أي جزء من حائل الانكسار ستحدث «الضربة»، وعلى هذا فإن اتجاه الانعكاس لا يمكن أن يحدده الحائل كله، ويظهر التعارض ـ هذا التعارض ـ في الحقيقة هو نتيجة تفسيرنا الكلاسيكي للجملة «يتحرك جسيم ألفا في مسار معين»، إذ أن هذا يعني أننا نفترض أن «انعكاسه لا يمكن أن يتوقف على طبيعة الحائل الموجود على بعد ما»، ولكننا لا نستطيع بدون هذا التفسير أن نحدد ما يعني بجملة «أن جسيم ألفا يتحرك بالضبط عد مكان «بعينه» وعلينا كملجأ أخير أن نعود عند نقطة معينة إلى التطبيق المباشر للمفاهيم الكلاسيكية، إن لم يكن عن جسيم ألفا فعن الجهاز المصمم لملاحظتها.

لابد أن نذكر في هذا الخصوص أيضا أن الصفة الاحصائية لنظرية الكم تختلف في أوجه كثيرة اختلافا جذريا عن تلك المستعملة في التفسير الحركي للديناميكا الحرارية، فدرجة الدقة في النظرية الأخيرة غالبا ما تعبر عن افتقارنا لمعرفة ما يلزم حول ما ندرسه، أما في نظرية الكم فإن الجهل بنتيجة التجارب المستقبلية يتفق مع الفهم الكامل (بالمعنى المقبول عادة) لحالة المجموعة التي ندرسها، فالقول بأن ذرة ما موجودة في حالتها العادية ـ مثلا ـ إنما يعني معرفة كاملة بهذه

الذرة، ومن الممكن توضيح ذلك لأننا نستطيع بناء على هذه المعرفة أن نستنبط التفاعلات المتبادلة بين هذه الذرة وأي مجموعة أخرى، وأيضا لأن هناك تجارب معينة «نستطيع» أن نتنبأ بنتائجها بدقة، ومن الطبيعي أن هناك تجارب أخرى يستحيل أن نتنبأ بها بدقة، وكما أوضحت سابقا، فإن النصوص المحددة في ميكانيكا الكم تجعل بطريق غير مباشر الاضافة إلى النتائج الاحصائية مستحيلة، ومن ناحية أخرى، فالجهل بنتائج تجارب معينة ـ في الحرارة ـ عادة ما يرتبط بالجهل بالحالة الحقيقية للمجموعة وهذا ما نراه في كل التجارب، وعلى هذا فمن الممكن أن نعتبر أن عدم تأكدنا من نتائج التجارب المستقبلة في الميكانيكا الاحصائية الكلاسيكية ما هو إلا إشارة إلى مشكلة لم تحل بعد، ولكن هذا لا ينطبق على نظرية الكم، لأن هذه النظرية دائما ما تمكننا من تقديم الأسباب الكاملة لوقوع حادثة معينة عقب إتمام حدوثها.

وأخيرا أود أن أثير موضوع تلك النقاط في الفيزيقا الحديثة نفسها والتي سيتعين علينا مراجعتها. إن الواضح أن لا مفر من تحديد مدى تطبيق المفاهيم الجديدة هي الأخرى سيصبح بالضرورة محدودا. فلقد أصبح من المحتمل ـ نتيجة للاكتشاف التي تمت في السنين الأخيرة ـ أن يدفع وجود الالكترون بالتحديدات القادمة في اتجاه تطبيقات المفاهيم الحالية، إذ يرتبط وجود الالكترون كثيرا بمشكلة التوفيق بين متطلبات نظرية النسبية ومتطلبات نظرية الكم. ولعل هذا يبدو واضحا في ثابت سومرفلد عديم البعد ($t^2$ / hc) ولكننا لا نستطيع معالجة المشكلة دون أن نسلم ـ بشكل أوسع بكثير مما نفعل حتى الآن ـ بأن المادة والاشعاع ليسا سوى ظاهرتين مختلفتين لحدث واحد، ولقد كانت الخطوة الأولى في هذا السبيل هي اكتشاف ديراك وأندرسون أنه من الممكن أن تُحول المادة إلى اشعاع وأن يُحول الاشعاع إلى مادة، ونتجت عن هذه الاكتشافات سلسلة من المشاكل الجديدة تتعلق بقياس مجال الالكترون وموقعه ... إلخ، حتى يصبح من الضروري، في النهاية ـ لكي ما نتفهم طبيعة الالكترون ـ أن ندخل التركيب الذري لكل أجهزة القياس في الاعتبار، وهذه خطوة لا تتطلبها ميكانيكا الكم، ولا يبدو لنا من التجربة السابقة إلا أقل الشك في أن النظريات الجديدة ستختلف عن ميكانيكا الكم السابقة فقط في النظر إلى بعض المشاكل ـ التي تبدو لنا الآن معقولة ـ على أنها مشاكل «زائفة» ورغم ذلك، فلابد أن نؤكد مرة أخرى أنه من الجائز أن يكون لأي تطور جديد كهذا، نواح عديدة مبهمة المعنى في البداية، ولعل في نظرية ديراك عن الفجوات «المثل النموذجي في هذا الصدد، إذ يبدو من الصعب أن نربط أي معنى بالنص القائل إن العالم ملئ بالالكترونات ذات الشحنة السالبة في كثافة لا نهائية، غير أن هذه الصياغة للنظرية الالكترونية قد أثبتت نفعها، لدرجة أنها لم تجعل فقط في الامكان التنبؤ بوجود البوزيترون وتحطيمه عن طريق الاشعاعات، وإنما مكنتنا أيضا من إدخال تعديلات كثيرة في نظرية ماكسويل، تعديلات ذات مجال واسع سريع التغير، لم نستنفذ بعد كل امكاناتها.

توضح نظرية ديراك لنا الصفة الأساسية الحقة للكشف الفيزيقي، فهذه الصفة ليست هي نتيجة للتحديد الواضح لمدى تطبيق المفاهيم المكتشفة، وإنما هي الشروط المسبقة لمثل هذا التحديد، فلابد أن تفتح النظرية طرقا جديدة للفكر، وبالتالي فلابد أن تسبب تغيرا حقيقيا في الوضع النظري، وأن تجبرنا على تغيير الطريقة التي نضع بها أسئلتنا للطبيعة، بمعنى أنها لابد أن تقود إلى تناسق جديد ـ لم نبلغه من قبل ـ في المجال التي تطبق فيه.

وختاما، أرجو أن تسمحوا لي أن أقول أنه لا يجب أن أعتبر متشككا إذا ما توقعت أنه سيأتي الذي نراجع فيه أيضا مفاهيم الفيزيقا الحديثة بل على العكس من ذلك، إن هذا القول ليس سوى تعبير آخر عن اعتقادي بأن مجال خبرتنا ـ الذي يتسع باستمرار ـ سيبين تناسقات أكثر وأكثر.

ڤيرز هايزنبرج. المشاكل الفلسفية للعلوم النووية. ترجمة: أحمد مستجير، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1972، ص ص 39 - 51.

## 6.3 . الكَمُّ فِي الضَّوْء

ب. هُوفْمَان

عاشت فكرة بلانك بلا استقرار لمدة أربع سنوات يكاد يتخلى عنها مبتكرها، حتى أعلن أحد الكتبة بمصلحة البراءات السويسرية في برن سنة 1905 تصريحا جريئا خطيرا، أعاد الحياة إلى كشف بلانك الذابل، ودفعه في طريقه قويا قادرا للقائه الموعود مع بوهر في سنة 1913.

وكان نفس هذا الكاتب قد قدم ـ قبل ذلك التصريح بوقت قصير ـ شرحا نظريا وافيا لما يسمى بالحركة البراونية، وبعد حوالي أربعة أشهر من بعثة لاكتشاف بلانك أعلن نظرية جديدة تتعلق بالديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة، تسمى الآن بنظرية النسبية الخاصة. كان اسم هذا الكاتب هو البيرت اينشتين، وكانت آراؤه من الأصالة والغرابة حتى أنه لم يستدع من مرفئه المؤقت في مصلحة البراءات لينضم إلى جامعة زيوريخ إلا بعد مضي أربع سنوات.

قرر أينشتين أنه من الضروري إن يجعل الثورية في فكرة بلانك أكبر مما كان بلانك نفسه يجرؤ على أن يحلم به، يقول بلانك أن الطاقة تدخل المادة فقط في شكل حزم، أما خارج المادة حيث تأخذ شكل الاشعاع فهي تخضع للقوانين المصقولة التي وضعها ماكسويل، ولكن أينشتين أوضح أنه لا يمكن أن تتوازن مثل هاتين الفكرتين، كما أوضح أنه من الممكن أن نصل إلى الاتزان إذا أخذ الاشعاع أيضا شكل الحزم.

ما هو الأثر النهائي لهذه الحسابات؟ أفلا تعني الدمار لبلانك؟ أفلا تعني أن محدث النعمة

بلانك كان يناقض ماكسويل الراسخ؟ لقد احتاج الأمر من الشاب أينشتين إلى الجسارة وبعد البصيرة حتى يقول أن ماكسويل هو الذي يناقض بلانك.

لقد تطلب بلانك فقط أن تمتص المادة الطاقة أو تطلقها في شكل الحزم، ولكن أنشتين الآن يصر على أن كل كم طاقة ـ حتى بعد أن يخرج من المادة ـ لن يسلك فقط سلوك الموجة ليرضي ماكسويل، بل لابد وأن يسلك. بشكل ما ـ سلوك الجسيم: جسيم الضوء الذي يسمى الآن بالفوتون.

كان هذا اقتراحا ثوريا، ولكن الأوراق الرابحة كانت في يدي أينشتين، ومن بينها تلك الظاهرة الغريبة التي لاحظها هيرتس منذ نحو عشرين عاما مضت.

ومنذ ذلك الوقت عرفنا الشيء الكثير عن هذه الظاهرة، ففي انجلترا اكتشف ج. ج طومسون الالكترون، وفي ألمانيا اقتفى ليناردـ الذي درس على يدي هيرتس ـ اقتفى أثر ميكانيكية ظاهرة هيرتس هذه، بأن أوضح أن الأشعة فوق البنفسجية تستطيع أن تبخر الالكترونات من الأسطح المعدنية كما تبخر أشعة الشمس الماء من المحيط، وكان هذا التبخر، الذي يسمى الآن بالظاهرة الضوكهربية، هو السبب في أن تظهر الشرارات في حلقة هيرتس بشكل أسرع من المتوقع.

قدم أينشتين نظرية عن الظاهرة الضوكهربية اعتبرت انتصارا رائعا لفكرته الجديدة عن كم الضوء، وعلى عكس نظريته في النسبية، سنجد أن نظريته عن الظاهرة الضوكهربية سهلة التفهم، كما سيظهر لنا عندما نحكي فيما بعد كيف أنها قد استطاعت بذكاء أن تعلل الكثير من الشذوذ الذي عرف عن هذه الظاهرة كما سيتضح لنا أن الكثير من المنتجات الثانوية قد بني أساسا على هذه الظاهرة، مثل البطاريات الضوكهربية، والسينما الصوتية، والتلفزيون، وكلها ظهرت في الحقيقة من البحث الأكاديمي لهيرتس عن التحوير البسيط الذي أجراه ماكسويل في معادلات الكهرومغنطيسية.

استنبط أينشتين من قذفات بلانك فكرته المذهلة عن ذرية الطاقة، تخيل قطعة من الاسفنج في حوض به ماء، إنها تشبه كتلة المادة المتوهجة في الأثير، يقول ماكسويل أننا إذا عصرنا قطعة الاسفنج فإنها ستطرد الماء بالطريقة المألوفة ليسبب الموجات في الحوض، ولكن إسفنج بلانك من نوع نادر، فهو في الحقيقة أقرب إلى عنقود العنب منه إلى الاسفنج، إذ يتكون من أعداد كبيرة من بالونات دقيقة ذات أحجام مختلفة، مليئة بالماء، فإذا ما عصرنا قطعة من مثل هذا الاسفنج انفجرت البالونات واحدة وراء الأخرى، كل منها يدفع بما يحتويه في انفجار واحد سريع: حزمة من الماء ليصنع الأمواج بالشكل الذي يقول به ماكسويل، أما أينشتين فقد أخرج قطعة الاسفنج من الحوض، فهو ليس بحاجة إلى الماء الموجود به. وعندما يضغط قطعة الاسفنج بهدوء، يتساقط الماء منها كنقط المطر المتلألئة، ولن يكون القذف ناتجا عن التركيب

الداخلي للاسفنج فقط، إذ هو موجود أيضا في نفس طبيعة الماء لأن الماء سيبقى في شكل نقط حتى بعد أن يترك الاسفنج.

وكانت فكرة أينشتين غريبة جدا، فهي إنما تعني أننا سنعود مرة أخرى لنظرية نيوتن الجسيمية القديمة، فحتى النبضات التي اقترحها نيوتن كانت تلعب فيها دورا هاما، فسرعة هذه النبضات كانت تمثل تردد الضوء، وكان للتردد أن يلعب دورين، فهو يحدد لون الفوتون من ناحية وهو أيضا ـ وبناء على قاعدة بلانك ـ لابد أن يحدد طاقته.

ولكن من منا سيصدق هذه النظرية الخيالية؟ أفلم تندثر تماما نظرية الجسيمات ولأسباب وجيهة منذ مائة عام مضت؟ أفلم تفرض النظرية الموجية نفسها وعن سبيلين مختلفين من الأبحاث؟ كيف يمكن أن تحلم النظرية الجسيمية في أن تسلب النظرية الموجية انتصاراتها التي لا تنازع؟ ومن يكون هذا الكاتب أصلا؟ إنه ليس أستاذا في جامعة. إن الرجوع مرة أخرى لشيء مثل النظرية الجسيمية سيعادل تماما الاعتراف بأن نظرية الظواهر الكهرومغنطيسية كلها ـ وهي الساحرة الاقناع الثابتة الأركان ـ كانت خاطئة من أساسها. ورغم ذلك فقد اقترح أينشتين فعلا هذه الخطوة، بعد تفكير عميق ومحاولات مقنعة، ولم يكن اقتراحه في صورة ناعمة أو غامضة وإنما في شكل محدد وكمي.

ولكن هل كانت هذه الفكرة شيئا عنيفا حقا؟ صحيح أن النظرية الموجية قد ظهرت عن مصدرين مختلفين. إلا أن أينشتين الآن إنما يعادل الأهداف التي أحرزتها كل من النظريتين، ورغم أن التجارب كانت كلها ضد النظرية الجسيمية لمدة تربو على القرن، أفلا تكفي الكارثة البنفسجية لأن توضح أن نظرية ماكسويل كانت تخطو نحو المشاكل؟ لقد كان الصراع بين خصمين عنيدين على كل حال، حتى منذ البداية.

ابتدأ بلانك المعركة، وبعد قليل بدأ أينشتين يجعل الحياة بالنسبة للنظرية الموجية مريرة، فلقد وجد الوقت أثناء تقديمه أبحاثا كالنظرية النسبية ليعاود الهجوم مرة بعد أخرى، مؤكدا لنفسه صيغة المحارب القدير وجاذبا له المزيد من الاتباع. ولقد قدم هو وأتباعه الكثير من التطورات الجديدة الهامة في تعضيد النظرة الجديدة للضوء، ولم تكن هذه مجرد «مشاكسات» نظرية، وإنما كانت تعليلات مباشرة سهلة للحقائق التجريبية التي كانت النظرية الموجية تتجنبها، ومن بين هذه التطويرات كان تفسير أينشتين للظاهرة الضوكهربية يهز الجميع.

كان في الظاهرة الضوكهربية شيء غريب يبدو كالمعجزات، لقد كان من الطبيعي حتى من وجهة نظر ماكسويل أن يكون للضوء تأثير على الالكترونات، فقد أوضح ماكسويل أن الضوء ظاهرة كهرومغنطيسية، ولابد للموجة الهرومغنطيسية إذن من أن تؤثر على جسيم كهربي في أساسه كالالكترون، إذن لم يكن هناك فعلا ما يثير التعجب في وجود الظاهرة الضوكهربية، ولم يكن هذا هو ما يحير النظرية الموجية. إنما كانت الدهشة تبدو عند إجراء القياسات الدقيقة

للسرعات التي تنطلق بها الالكترونات من الفلز، فإذا كانت نظرية ماكسويل أهلا للثقة، فإن زيادة كثافة الضوء (أو كميته) لابد وأن ترفع من سرعة الالكترونات، ولكن نتائج التجارب كانت شيئا مخالفا لهذا تماما، إذ لم تتغير السرعة وإنما ازداد عدد الالكترونات المنطلقة، كما وجد الباحثون أن زيادة سرعة الالكترونات المنفردة لا تحدث إلا عن طريق زيادة تردد الضوء وليس عن طريق زيادة كثافته.

هذه مفارقة بين النظرية والتجربة في مثل خطورة الكارثة البنفسجية نفسها، ولو أنها أقل وضوحا، كانت نظرية ماكسويل غير قادرة على تعليل الحقائق، لنرى إذن كيف استطاع أينشتين باستعمال فوتوناته أن يشرح الوضع كله بسهولة.

نظر أينشتين إلى التجربة الضوكهربية على أنها مكان التدرب على الرماية، الفوتونات تمثل الرصاص والالكترونات المتناثرة في المعدن تمثل كرات تنس الطاولة التي تهتز على أحواض المياه، زيادة كثافة الضوء فوق البنفسجي لا تعني إلا زيادة عدد الفوتونات التي تنطلق في الثانية الواحدة، وهذه لابد أن ينتج عنها زيادة عدد الالكترونات المنطلقة في الثانية، هذا بالضبط هو ما لاحظه العلماء.

ومن الممكن أن نشرح بنفس هذه البساطة تأثير التغير في التردد، فزيادة تردد الضوء - كما تقول قاعدة بلانك - تعطي زيادة طاقة كل فوتون، الشيء المناظر لاستعمال نوع أثقل من الرصاص، وعلى هذا فكلما ازداد التردد، اشتدت الضربة فوق الالكترون، وكلما اشتدت الضربة كلما ازدادت سرعة الالكترون المنطلق، ومرة أخرى، هذا هو نفس الشيء الذي لاحظه العلماء.

عندما قدم أينشتين تفسيره للظاهرة الضوكهربية، لم يكن هناك مقاييس مضبوطة فعلا عن الطريقة التي ترتبط بها سرعة الالكترونات مع تردد الضوء، وفي عام 1906 قدم توقعه المحدد في هذا الشأن، المبني على نظرية الفوتونات في شكل رياضيات سهلة حتى لطالب الثانوي، وقد جاءت الأبحاث، التي بلغت الذروة في تجارب د. أ. ميليكان في أمريكا سنة 1915، مؤكدة لمعادلات أينشتين في كمال وبدقة متناهية، حتى أننا لن نجد الشبيه لهذا التحقيق للنظريات العلمية إلا في إثبات هيرتس لنظرية ماكسويل الموجية للضوء!. ولعله من العجيب أن يلعب أينشتين هذا الدور البارز في إعادة الحياة إلى نظرية نيوتن للضوء، بنظريته عن الفوتونات، وهو الذي حطم بنظرية النسبية العامة نظرية نيوتن للجاذبية.

كانت الظاهرة الضوكهربائية قد استبعدت نظرية ماكسويل، كما كانت هذه النظرية بنفس الشكل تقف ضد باقي آراء أينشتين عن الكم، فإذا ما قبلنا فكرة الفوتون، فسنجد كيف سيتمشى معها هذا العدد الكبير من الظواهر المعروفة جيدا، التي لم تفحص بدقة، والتي كانت تبدو غير مفهومة باستعمال نظرية ماكسويل. جمع أينشتين وأتباعه أسلحتهم للهجوم من أماكن متباينة مثل التألق الضوئي، والحرارات النوعية وحتى من الكيمياء الضوئية، ثم أثبت الفوتون مع

كل تقدم أنه المفتاح السهل لحل تلك المشاكل التي لم يمكن حلها في ظل النظرية الموجية، وعندما حصل أينشتين أخيرا على جائزة نوبل سنة 1921، فإن ذلك لم يكن أساسا بسبب نظريته الشامخة للنسبية، وإنما أولا للخدمات التي قدمها لعلم الطبيعيات النظري عموما، وبالتخصيص لنظريته عن الظاهرة الضوكهربية، وبعد سنتين من هذا التاريخ منحت الجائزة لمليكان الذي أثبت بقياساته المضبوطة آراء أينشتين.

لا تتخيل أن أينشتين كان العدو اللدود لنظرية ماكسويل، أبدا ـ على الاطلاق، فنظرية النسبية لا تعتبر فقط تمجيدا لفكرة ماكسويل عن المجال، بل لقد قدمت أيضا تأييدا لنظرية ماكسويل في نفس جمال التأييد الذي أعطته نظرية ماكسويل للنظرية الموجية لهيوجنز وفرنسل، فنظرية النسبية تتطلب أن يحقق كل قانون طبيعي شرطا صارما، وعندما اختبرت القوانين الطبيعية المعروفة وفقا لهذا الشرط، تساقطت واحدا وراء الآخر، وكان لزاما على الآراء القديمة عن القياس والتواقت، وعن الفضاء والزمن، وعن الكتلة والطاقة أن ترحل، وأصبح من الضروري أن يعاد صياغة علم الديناميكا كله بما فيه قانون نيوتن الشهير عن الجاذبية، ولم تبق عاصفة النسبية من بين كل ما كان يسمى بعلم الطبيعيات النظري إلا على شيئين، أحدهما هو مجموعة قوانين ثبوت المادة والطاقة وكمية الحركة، التي تقول بأن أيها لا يفنى ولا يخلق من عدم، رغم أن ملامحها قد تغيرت كثيرا!، أما الآخر فقد كان معادلات ماكسويل، فقد خرجت من العاصفة سليمة فخورة دون أن يتغير مظهرها، رمزا رائعا لعبقرية ماكسويل.

اندمجت قوانين الثبوت الثلاثة المتمايزة في علم الطبيعيات القديم لتكون وحدة متماسكة وثيقة، فقد تبين أن الكتلة هي شكل من أشكال الطاقة ـ في الحقيقة، هي أقدر أشكال الطاقة المعروفة تركيزا رغم أن قواها كامنة، وكان الأمل في إطلاقها عندئذ ضعيفا. كانت هذه القوى ضخمة حقا ـ فقد أوضحت معدلات أينشتين أن الطاقة الكامنة في كتلة من المادة يمكن حسابها بأن نضرب الكتلة في سرعة الضوء ثم نضرب الناتج مرة أخرى في سرعة الضوء، وسرعة الضوء هذه رقم مخيف! هذه هي كمية الطاقة الذرية، ولقد أمكن الآن استخلاص بعض هذه الطاقة، ذاق اليابانيون نتائجها المروعة، كما تعرف البشرية نتائجها الهامة، ورغم ذلك فإن القنبلة الذرية بكل فظائعها لا تستخدم إلا جزءا من الطاقة الكاملة المخزونة في كتلتها.

كان الأثير ضحية خاصة لأنشطة أينشتين القاسية، ففي كل المجالات التي ناقشها هذا العالم، سواء كانت عن الفوتونات أو عن موجات ماكسويل، كان وضع الأثير يزداد سوءا، إذ كان يفقد في الحقيقة كل أسباب وجوده، فمن الطبيعي أن وجود الأثير غير لازم للنظرية الجسيمية للضوء، وكلنا سنجد أيضا أن نظرية النسبية التي احتوت موجات ماكسويل الكهرومغنطيسية داخل هيكلها الجديد، لا تحتاج إلى الأثير كيما تسبح فيه هذه الموجات، فقد

استبدل هذا الجوهر الموجود في كل مكان بنفس الفضاء والزمن، اللذان اكتسبا القدرة على نقل الضوء وإحنائه.

كان من الخير أن يختفي الأثير أخيرا من علم الطبيعيات، فلقد كان في أيام سطوته شيئا مقلقا للراحة، يطالب في نفس الوقت بالكثير من الخواص المتضادة، حتى أن كثيرا من أقدر العبقريات العلمية في القرن التاسع عشر التي كان من الممكن أن توفر لننتفع بها في تقدم العلم، شغلت تماما في محاولات لابتكار أنماط ميكانيكية أعقد وأعقد يكون لها من الخواص ما يشبه خواص الأثير المعروفة في ذلك الوقت والمثل التالي، وهو واحد من الكثير من الخواص المتنافرة التي منحت للأثير، نستطيع أن نقدر به ضخامة هذا العمل (وهذا لا يعني أن نظرية الكم لم تنجح في الاحاطة بظواهر تبدو في مثل هذا التنافر)، نحن نعرف أن الأثير ينقل موجات الضوء ذات السرعة الرهيبة، هذا يعني أن الأثير لا يمكن أن يكون مجرد وسط هلامي بل لابد وأن يكون صلبا جامدا، أكثر جفافا من الصلب، ورغم ذلك، ولأنه لابد وأن يملأ كل حجر وزاوية في العالم، فمن الضروري ألا يبدي هذا الجوهر الصلب أية مقاومة ملحوظة لحركة الكواكب حول الشمس.

هنا سنجد عنصرا تراجيديا في تاريخ حياة فكرة الأثير، فلقد كانت خدماتها المجانية كقابلة ومرضعة لنظرية الضوء الموجيه ولفكرة المجال ذات أهمية للعلم لا تقدر، فلما كبر المولود وأصبح رجلا لفظها بقسوة، بل وفي طرب، وتنكر للعهد، وأذاقها في أيامها الأخيرة مرارة المذلة والسخرية، والآن، وبعد أن ماتت، فليس هناك من يترنم بها. فلندفنها إذن في وقار، ولنحفر على قبرها بعض العبارات اللائقة:

كان هناك للضوء أثير ... ثم كان للكهرومغنطيسية أثير ... أما الآن فلم يعد لأيهما في الحياة أثر ...

ب. هوفمان. قصة الكم المثيرة، ترجمة: أحمد مستجير، ص ص 22 - 28.

دار توبقال للنشر

بمستواها العربي

تختار لك كتباً أنت بحاجة إليها

صـــدر

**دفـاتـر فـلـسـفـيـة**

نصوص مختارة

1

**التـفـكـيـر الـفـلـسـفـي**

إعداد وترجمة

عبد السلام بنعبد العالي ومحمد سبيلا

دار توبقال للنشر

بمستواها العربي

تختار لك كتباً أنت بحاجة إليها

## صـــدر

# دفـــاتـــر فـلـسـفـيـة

نصوص مختارة

# 2

# الـطـبـيـعـة والـثـقـافـة

إعداد وترجمة

محمد سبيلا و عبد السلام بنعبد العالي